Agric. Crops.
H

DER ALLGEMEINE

LANDWIRTHSCHAFTLICHE PFLANZENBAU

VON

FRIEDR. HABERLANDT
O. Ö. PROFESSOR AN DER KAISERL. KÖNIGL. HOCHSCHULE FÜR BODENCULTUR IN WIEN.

NACH DEM TODE DES VERFASSERS HERAUSGEGEBEN
VON
PROF. W. HECKE.

87912.
1/6/08

WIEN 1879.
VERLAG VON FAESY & FRICK
KAISERL. KÖNIGL. HOFBUCHHANDLUNG
27 GRABEN 27.

ALLE RECHTE VORBEHALTEN.

VORWORT.

Mit einigem Zögern trat mein verblichener College und langjähriger Freund an die Aufgabe, das ganze Gebiet des landwirthschaftlichen Pflanzenbaues nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft in einem umfassenden Werke zu bearbeiten. Die Einzelnforschung, welche er schon in der Periode seiner Thätigkeit in Ungarisch-Altenburg mit Glück begonnen hatte, beschäftigte ihn auch in den ersten fünf Jahren seiner Wirksamkeit an der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien neben seinen mit voller Hingebung für das Fach gehaltenen Vorträgen in hervorragender Weise, und die allgemein anerkannten Erfolge, welche er hiedurch errang, waren allerdings darnach angethan, ihn in der Verfolgung jener Richtung zu bestärken. Aber gerade von einem Manne, der die wissenschaftlichen Grundlagen seines Faches mit so glücklicher Hand pflegte und förderte, der die Literatur der neuesten Zeit so vollständig beherrschte, dem ein durch langjährige Beobachtung und Erfahrung in verschiedenen landwirthschaftlichen Gebieten erweiterter und geschärfter Blick eigen war, dem endlich die Kunst einer klaren, gewandten und anregenden Darstellung in so hohem Grade zur Verfügung stand: konnte und musste erwartet werden, dass er die Ergebnisse seiner Studien, Forschungen und Erfahrungen in einem ausführlichen Werke der landwirthschaftlichen Welt zu nutzbringender Verwerthung vorlege. Im Sommer 1877 fasste Professor Haberlandt den Entschluss, vorerst den allgemeinen Theil des landwirthschaftlichen Pflanzen-

baues in Angriff zu nehmen und führte ihn, über Winter tagtäglich die frühesten Morgenstunden hiezu widmend, mit eiserner Beharrlichkeit durch. Diese Arbeit fiel aber schon zusammen mit der Sorge, welche ihn gegenüber der nothwendig gewordenen Exstirpation eines Lipoms erfüllte, und kaum war der Vortrag über allgemeinen Pflanzenbau im Winter-Semester 1877/8 geschlossen und parallel mit ihm laufend das Manuscript desselben beendet, so erlag er den Folgen der eingreifenden Operation, welche als unerlässlich erkannt worden war. Sein Schicksal befürchtend, hatte er mir die eventuelle Herausgabe seines Werkes übertragen und ich entledige mich hiemit der mir gewordenen Aufgabe. Das Manuscript lag im Ganzen vollendet vor, als der Verfasser seiner ferneren Thätigkeit entrissen wurde, und so waren es nur die Revision und die schliessliche Vorbereitung für den Druck, welche dem Herausgeber oblagen. Diese Durchsicht ist von mir mit Unterstützung des ältesten Sohnes des Verfassers, Herrn Dr. Gottlieb Haberlandt, Privatdocenten für allgemeine Botanik an der Wiener Universität, mit all' der Sorgfalt vorgenommen worden, welche ich und mein junger Freund dem Werke des Collegen und Freundes, respective Vaters, und zugleich der Sache schuldig zu sein glaubten. Und so möge dieses Buch seinen Weg gehen; möge es freundliche Aufnahme im Kreise der Berufsgenossen finden und schliesslich seiner Bedeutung entsprechend beitragen zur Förderung der Landwirthschaft, welche der Verfasser ebenso wie der Herausgeber durch länger als ein Vierteljahrhundert gemeinsamer Thätigkeit sich zur Lebensaufgabe gestellt haben.

Wien, im Juli 1879.

W. Hecke,

Professor der landwirthschaftlichen Betriebslehre an der k. k. Hochschule für Bodencultur.

INHALT.

Seite

Vorwort III

Einleitung 1

Erster Theil. Der Same 13

Erstes Hauptstück. Die Morphologie des Samens 13

Erster Abschnitt. Die Entstehung des Samens 15

Zweiter Abschnitt. Die Samenschale und die Fruchthülle . . . 18

Dritter Abschnitt. Der Embryo und das Endosperm 21

Zweites Hauptstück. Die Keimung des Samens 26

Erster Abschnitt. Die äusseren Keimungsbedingungen 26

1. Wasser 26

2. Wärme 39

3. Atmosphärische Luft 47

4. Anderweitige Einflüsse: Boden, Licht, Elektricität 57

Zweiter Abschnitt. Reife und Alter des Samens 58

1. Reife 58

2. Alter 59

Dritter Abschnitt. Einfluss der Temperatur- und Feuchtigkeits-Extreme, der Beschädigungen und Beizmittel auf den Keimungsprocess 69

1. Temperatur- und Feuchtigkeits-Extreme 69

2. Beschädigungen 78

3. Beizmittel 84

Drittes Hauptstück. Die Prüfung des Samens 92

Erster Abschnitt. Echtheit und Reinheit des Samens 93

1. Echtheit 93

2. Reinheit 93

Zweiter Abschnitt. Gewicht des Samens 97

1. Absolutes Gewicht 97

2. Specifisches Gewicht 100

3. Volumengewicht 103

4. Gewichtsverhältnisse zwischen einzelnen Theilen des Samens 107

Dritter Abschnitt. Keimfähigkeit und Keimungs-Energie 110

Vierter Abschnitt. Subjective Merkmale zur Beurtheilung des Saatgutes 117

Seite

Viertes Hauptstück. Sortirung, Reinigung uud Aufbewahrung des Samens 119
Erster Abschnitt. Sortirung und Reinigung des Samens 119
1. Siebe 119
2. Gezellte Flächen 121
3. Flüssigkeiten von verschiedener Dichte 121
4. Luftströmungen 122
5. Schüttelnde Flächen 123
6. Geneigte Flächen 123
Zweiter Abschnitt. Aufbewahrung des Samens 124
Literatur 133

Zweiter Theil. Die Pflanze und ihr Wachsthum 139

Erstes Hauptstück. Die Pflanzenorgane und ihre specifischen Functionen 140
Erster Abschnitt. Die Wurzel 140
1. Morphologie der Wurzel 140
2. Geotropismus und Heliotropismus der Wurzel 143
3. Das Wurzelvermögen 145
4. Die Nährstoff- und Wasser-Aufnahme seitens der Wurzeln 151
Zweiter Abschnitt. Der Stamm 162
1. Morphologie des Stammes und seiner Gewebe 162
2. Das Saftsteigen 174
Dritter Abschnitt. Die Blätter 177
1. Morphologie der Blätter 177
2. Bewegungen der Blätter 180
3. Wasseraufnahme und -Abgabe seitens der Blätter, Transspiration 181
4. Das Zusammenwirken der Wurzelkraft, der Wasserleitung im Holze und der Transspiration 191
Vierter Abschnitt. Die Blüthen und Früchte 195
1. Morphologie der Blüthe 197
2. Die Befruchtung 199
3. Morphologie der Frucht 204
4. Die Frucht- und Samenreife 205
5. Die Verbreitungsmittel der Früchte und Samen 207

Zweites Hauptstück. Die Ernährung und das Wachsthum der Pflanze 209
Erster Abschnitt. Die Nährstoffe 209
Zweiter Abschnitt. Die Assimilation der Kohlensäure und des Wassers und ihre Producte 211
Dritter Abschnitt. Die Assimilation der stickstoffhaltigen Nährstoffe und ihre Producte 222
Vierter Abschnitt. Die Aufnahme und Bedeutung der Aschenbestandtheile 240
Fünfter Abschnitt. Die Athmung 259

Seite

Sechster Abschnitt. Die Bewegung der Gase 262
Siebenter Abschnitt. Der Stoffwechsel und die Stoffwanderung . . 263
(Beispiel: Haferpflanze) 268
Achter Abschnitt. Das Wachsthum 274
Neunter Abschnitt. Das Altern der Pflanze und ihr Tod . . . 285
Literatur 293

Dritter Theil. Das Klima 297
Erster Abschnitt. Die Wärme 300
Zweiter Abschnitt. Das Licht 325
Dritter Abschnitt. Niederschläge und Luftfeuchtigkeit 332
Vierter Abschnitt. Die Winde 344
Fünfter Abschnitt. Der Einfluss der örtlichen Lage auf das Pflanzenwachsthum 350
Sechster Abschnitt. Der Einfluss der Jahreszeiten und ihres Witterungsganges auf Grösse und Beschaffenheit der Ernten 352
Siebenter Abschnitt. Phänologische Beobachtungen und Witterungsvorhersage 357
Literatur 361

Vierter Theil. Der Boden 363
Erstes Hauptstück. Die Bestandtheile des Bodens 365
1. Das Bodenskelet 365
2. Die Feinerde 366
3. Organische Gemengtheile des Bodens 371
4. Der Ober- und Untergrund 377
Zweites Hauptstück. Die physikalischen Eigenschaften des Bodens 382
Erster Abschnitt. Das specifische Gewicht des Bodens 382
Zweiter Abschnitt. Consistenz und Cohärescenz, Structur, Gefüge und Lockerheit des Bodens 385
Dritter Abschnitt. Das Verhalten des Bodens zum Wasser . . 402
1. Die wasserhaltende Kraft des Bodens 402
2. Die Wasserleitung im Boden 407
3. Die wasseranhaltende Kraft des Bodens 412
4. Das Grundwasser 413
5. Die Bodenfeuchtigkeit und das Pflanzenwachsthum . . . 414
Vierter Abschnitt. Das Verhalten des Bodens zum Licht und zur Wärme 417
1. Einfluss der Farbe des Bodens auf seine Erwärmung . . 418
2. Die specifische Wärme des Bodens 421
3. Die Wärmeleitung im Boden 422
4. Einfluss der Lage und der Bedeckung des Bodens auf seine Erwärmung 425
5. Die Wärme-Ausstrahlung des Bodens 427
Fünfter Abschnitt. Die Absorptions-Erscheinungen im Boden . 429
1. Absorption von Wassergas 429

Seite

2. Quellen der Kohlensäure und ihre Vertheilung in der Bodenluft 431
3. Absorption von Sauerstoff 437
4. Absorption von gasförmigem kohlensaurem Ammoniak . . 438
5. Absorptionsvermögen des Bodens gegenüber Salzlösungen 439

Drittes Hauptstück. Beurtheilung und Classification des Bodens 444

Erster Abschnitt. Mineralogisch-geognostische Bodenclassification 446

Die Art des Transportes der Gesteinstrümmer und verwitterten Gesteinsmassen durch fliessendes Wasser 451

Zweiter Abschnitt. Physikalisch-chemische Bodenclassification . . 458

1. Der Sandboden 458
2. Der Thonboden 462
3. Der Lehmboden 465
4. Die Mergel- und Kalkböden 466
5. Stein- und Salzböden 469
6. Der Humusboden 472

Dritter Abschnitt. Botanische Bodenclassification 476

Vierter Abschnitt. Oekonomische Bodenclassification 484

Die Beurtheilung des Bodens nach dem Roh-Ertrage . . . 485

Schönleuthner's Classification nach dem Roh-Ertrage der Futterpflanzen 489

Fünfter Abschnitt. Allgemeine Classification des Bodens auf Grundlage aller Merkmale 491

Viertes Hauptstück. Der praktische Vorgang bei der Bonitirung des Bodens 494

Literatur 507

Fünfter Theil. Die Düngung 510

Erstes Hauptstück. Wesen und Aufgabe der Düngung . . . 510

Zweites Hauptstück. Die Düngemittel und ihre Anwendung 530

1. Stallmist 531
   a) Die Ausscheidungen der Hausthiere 531
   b) Die Einstreu 536
   c) Die Sammlung und Aufbewahrung des Stallmistes . . 540
   d) Anwendung des Stallmistes 551
2. Jauche 556
3. Pferch 558
4. Fäcalien 559
5. Guano 567
6. Thierkörper oder Theile von Thierkörpern 571
7. Vegetabilische Dünger 575
8. Compostdünger 578
9. Erde und Schlamm 581
10. Specialdünger 583
11. Indirect wirkende Dünger 594

Das Wasser 602

Literatur 614

Seite

Sechster Theil. Die Bearbeitung des Bodens 616
Einleitung 616
Erster Abschnitt. Das Pflügen 619
1. Die Wendung und Lockerung des Pflugstreifens 619
2. Die Gestaltung der Oberfläche des Ackerlandes 624
3. Richtung der Ackerung 630
4. Zeitpunkt und Wiederholung des Pflügens 631
Die Brache 637
Die Tiefcultur 648
Zweiter Abschnitt. Die Arbeit der Grubber, Wühler, Pferdehacken, Häufler 654
Dritter Abschnitt. Die Arbeit der Egge 657
Vierter Abschnitt. Die Arbeit der Walze 662
Fünfter Abschnitt. Die Arbeit der Schleife 666
Sechster Abschnitt. Die Bodenbearbeitung durch Handgeräthe . 667
Siebenter Abschnitt. Die Sprengcultur 670
Literatur 672

Siebenter Theil. Der Anbau und die Auswahl des Saatgutes 673

Erstes Hauptstück. Der Anbau 674
Erster Abschnitt. Die Saatzeit 674
Zweiter Abschnitt. Die Unterbringung der Samen 681
Dritter Abschnitt. Die Vertheilung der Samen 685
Vierter Abschnitt. Bestimmung der Saatmenge 690
Fünfter Abschnitt. Vorbereitung der Samen 697
Sechster Abschnitt. Die Pflanzung 698

Zweites Hauptstück. Die Varietätenbildung und der Samenwechsel 700
Erster Abschnitt. Die Variabilität der Pflanzenorgane 700
Zweiter Abschnitt. Die Culturmassregeln zur Erzielung von Varietäten 708
1. Auflockerung des Bodens 708
2. Zufuhr von Pflanzennahrung 710
3. Bestimmung des Wachsraumes 713
4. Das Beschneiden oder Verstümmeln 719
Dritter Abschnitt. Die künstliche Zuchtwahl 723
Vierter Abschnitt. Befruchtung und Kreuzung 731
Fünfter Abschnitt. Der Samenwechsel 742
Literatur 749
Sachregister 751

Berichtigung.

Seite 176, Zeile 9 von unten, statt: „Flüssigkeit der Zellwände", lies: „Elasticität der Zellwände".

Der allgemeine landwirthschaftliche Pflanzenbau.

EINLEITUNG.

Die Pflanzenwelt, wie sie sich auf dem weiten Erdenrund in den verschiedensten Formen darstellt, liefert eine reiche Fülle von Erzeugnissen, welche entweder unmittelbar die verschiedensten menschlichen Bedürfnisse befriedigen, oder mittelbar, insofern sie zur Ernährung der Thiere dienen, von welchen der Mensch wiederum in der verschiedensten Art Stoffe zu seiner Ernährung, Bekleidung u. s. w. gewinnt. Einen grossen Theil dieser Erzeugnisse gewährt die Natur, ohne dass der Mensch einen Einfluss auf ihre Hervorbringung genommen hätte, und seine Thätigkeit bei Gewinnung derselben besteht dann einfach in der Sammlung und Ergreifung derselben. Die Zunahme der Bevölkerung, die Steigerung und Verfeinerung der Bedürfnisse treibt aber den Menschen dazu, die Naturkräfte für einzelne Pflanzenarten wirken zu lassen, welche eben jene Bedürfnisse in Bezug auf Menge und Beschaffenheit der Erzeugnisse am besten zu befriedigen vermögen, und darin besteht das Wesen der Bodencultur oder des Pflanzenbaues. Der Pflanzenbau zergliedert sich nach seinen besonderen Zielen in den Feldbau oder Ackerbau sammt Benutzung der natürlichen Wiesen und Weiden (landwirthschaftlicher Pflanzenbau im engeren Sinne), in den Gartenbau, Wein- und Hopfenbau, in die Cultur der Obst- und sonstigen Fruchtbäume, welch' letztgenannten Zweige sammt dem Feldbau den landwirthschaftlichen Pflanzenbau im weiteren Sinne ausmachen; diesem gegenüber stellt sich der Waldbau, dessen Aufgabe in der Hauptsache die Holzgewinnung ist. So verschieden nun die Culturmittel sein mögen, welche der Pflanzenbauer für jene besonderen Ziele

anwenden muss, die Grundbedingungen des Wachsthums der Pflanzen und somit des Pflanzenbaues sind doch dieselben, und so lässt sich die Pflanzenbaulehre theilen in einen besonderen Theil, den speciellen Pflanzenbau, oder nach den einzelnen Culturzweigen in Ackerbau, Wiesen- und Weidenbau, Garten-, Wein-, Obstbau u. s. w. und Waldbau, welcher specielle Theil die Culturmassregeln zu behandeln hat, welche nur für die genannten Hauptzweige und ihre Unterzweige gelten, wogegen in dem allgemeinen Theile des Pflanzenbaues die gemeinsamen Grundbedingungen der Pflanzencultur zu untersuchen sind.

Der Landwirth, der Gärtner, der Forstmann vertraut den Pflanzenkeim der Erde an, auf dass er sich, genährt von Boden und Luftmeer, erwärmt und beleuchtet von der Alles belebenden Sonne, gefördert durch die in dem verschiedensten Masse angewendeten Culturmittel, weiter zur Pflanze entwickle, so wie es der Anbauzweck verlangt.

Eine der ersten Wachsthumsbedingungen ist der Boden. Alle höher entwickelten Culturpflanzen wurzeln in dem Boden; hier finden sie ihren Stützpunkt und den unentbehrlichen Vorrath an den wichtigsten Pflanzennahrungsmitteln. Diese Pflanzennährstoffe müssen sich wohl in jedem Boden wiederfinden, da ja die geologischen Formationen der Erde in allen Breiten wiederkehren, da die Verwitterung ohne Unterlass thätig ist, auf's neue Boden zu schaffen, da Flüsse und Bäche beständig das Verwitterungsmaterial in neuen Ablagerungen von angeschwemmtem Boden in Thälern und Ebenen zusammenhäufen. Die Menge aber dieser Nährstoffe ist eine sehr wechselnde, ebenso das Verhältniss, in welchem sie in Mischung treten, und wenn hiedurch auch weniger Einfluss auf die Entstehung verschiedener Pflanzenformen ausgeübt wird, so wirkt jene Verschiedenheit doch um so entschiedener auf die Massenentwicklung der Pflanzen. Aber das Gedeihen der Pflanzen hängt nicht nur von dem Chemismus des Bodens ab; ebenso wichtig ist das physikalische Verhalten des Bodens und die Beeinflussung desselben durch die Cultur.

Wenn der verbrennliche Theil der Pflanzensubstanz seinen Ursprung in der atmosphärischen Luft hat, welche allen Pflanzenbauern in gleicher Weise zur Verfügung steht, so können andererseits die Aschenbestandtheile der Pflanze nur

aus dem Boden aufgenommen worden sein. Da nun aber der Vorrath an diesen Bodennährstoffen in der Regel nicht sehr gross ist, so tritt die Möglichkeit einer früheren oder späteren Erschöpfung des Bodens durch die Cultur heran, eine Erscheinung, welche vielfach bereits eingetreten ist, in anderen Fällen für die Zukunft befürchtet wird. Der Ersatz der dem Boden in den exportirten Gutserzeugnissen genommenen Stoffe, den Liebig mit seinen Flammenworten zuerst als Pflicht hinstellte, ist eine Culturmassregel von eminenter Bedeutung. Verschieden stellt sich indessen die Ersatzfrage bei den einzelnen Zweigen des Pflanzenbaues, verschieden unter verschiedenen Boden- und wirthschaftlichen Verhältnissen. Der Gärtner, welcher dem kleinen Felde seiner Thätigkeit unter Anwendung kostspieliger Handarbeit mehrere Ernten in einem Jahre abnehmen muss, ist gezwungen, dem Boden nicht nur Ersatz für das Entnommene zu geben, sondern die Bodenkraft auch noch zu steigern. Der Acker, bei uns gewöhnlich nur Eine Frucht jährlich tragend, erfährt deshalb eine geringere Erschöpfung als das Gartenland; aber bei den zumeist das Feld nur ein Jahr bedeckenden Feldfrüchten wird doch nur eine flache, leichter erschöpfbare Erdschicht in Anspruch genommen und deshalb ist auch hier die Düngung, wenn auch je nach der Fruchtordnung in sehr verschiedenem Masse, nothwendig. Den Wiesen, welche im Grossen und Ganzen nicht gedüngt werden, wird doch in dem Heu eine ansehnliche Menge von Bodenbestandtheilen genommen, so dass der Ersatz auch für sie hohe Bedeutung gewinnt. Die Weide erhält in den Ausscheidungen der Weidethiere einen grossen, häufig den grössten Theil der Bodenbestandtheile zurück, welche zur Bildung des Weidegrases verwendet worden sind. Der Wald endlich, wenn die Nutzung blos in dem Holze besteht, dessen Gehalt an Aschenbestandtheilen gegenüber den Erzeugnissen des Feldbaues zurücksteht, erschöpft den Boden umsoweniger, als die Wurzeln der ein so hohes Lebensalter erreichenden Waldbäume eine weit mächtigere Bodenschicht ausbeuten, als dies die kurzlebigen Feldfrüchte vermögen; dem Walde wird deshalb ein Ersatz in Form einer Düngung nicht gegeben. Der Wald ist somit auf die in dem Boden vorhandenen Nährstoffvorräthe und auf die Nachschaffung von Nährstoffen durch die Verwitterung allein angewiesen,

welche allerdings unter dem Schutze des Laubdaches ihre Bedingungen in günstiger Weise findet. Diese Nachschaffung findet aber auch mehr oder weniger statt auf Aeckern, Wiesen und Weiden; wo das Ziel des Betriebes ein naheliegendes ist, wo der Boden billig ist, die Productenpreise niedrig sind, kann und muss mit der natürlichen Bodenkraft gewirthschaftet werden; wo dagegen höhere Ziele vorschweben, wird Voll- und Uebersatz gegeben, mag dies, abgesehen von dem auf dem Gute gewonnenen Stallmist, nun durch die Verwendung der Fäcalien geschehen, in welchen sich die von den Feldgütern exportirten Mineralstoffe zum grössten Theile wiederfinden, oder durch die Zuhilfenahme allerhand anderer Düngmittel, welche die Gegenwart der Landwirthschaft bereits zur Verfügung stellt und gewiss die Zukunft in noch grösseren Mengen zur Verfügung stellen wird. Eine Quelle des Ersatzes, ein Mittel zur Befruchtung des Bodens findet sich aber noch in dem Wasser. Das Wasser der Quellen und das Tagewasser, welches von den Höhen herab in Thäler und Ebenen gelangt, führt, sei es in Lösung, sei es in Suspension, eine Menge von Material mit sich, welches der Ernährung der Pflanzen dienen kann, und so gut das Nilthal den Ueberfluthungen des Stromes unvergängliche Fruchtbarkeit verdankt, so gut die Ebenen der Lombardei durch die Bewässerung nachhaltig bewundernswürdige Ernten hervorbringen, so gut ausgedehnte Landstriche, welche heutzutage öde und unfruchtbar sind, einstens unter dem Segen der Bewässerung das Bild gartenmässiger Cultur darboten: ebenso könnten und sollten, viel mehr als es in der That geschieht, die Schätze, welche in den Gewässern unbenutzt dem Meere zuströmen, durch die Bewässerung den Culturländereien zugeführt werden, mag dies nun in heissen, sommerdürren Gebieten, wo Cultur oft nur durch Bewässerung möglich ist, für Wiese und Feld gelten, oder mag in gemässigten, des Sommerregens sich erfreuenden Landstrichen die Bewässerung sich nur auf die Wiesen erstrecken, welche erst unter dieser Bedingung zur nachhaltigen und vollberechtigten Stütze des Ackerlandes werden.

Der Boden zeigt bezüglich seines physikalischen Verhaltens unendliche Verschiedenheiten, und der Pflanzenbauer ist bemüht, dasselbe gegenüber den klimatischen Verhältnissen für

seine besonderen Culturzwecke nach Möglichkeit zu beherrschen. Die Bearbeitung des Bodens ist eines der wirksamsten Culturmittel, deren sich der Pflanzenbauer bedient, ist jedenfalls das am allgemeinsten angewendete. Durch die Bodenbearbeitung wird der Boden gelockert; Luft und Wasser vermag sich weitergehend in dem gelockerten Boden zu verbreiten, die Verwitterung wird angeregt, das Eindringen der Pflanzenwurzeln befördert. In sehr verschiedenem Masse bedienen sich aber die einzelnen Zweige des Pflanzenbaues der Bodenbearbeitung. Obenan steht der Gartenbau, der Wein- und Hopfenbau; für diese Zweige wird der Boden zeitweise auf grössere Tiefen gelockert, dann aber alljährlich durch öfteres Behacken, meist durch die das Vollkommenste leistende Handarbeit ausgeführt, stets locker und rein erhalten. Stets wird den übrigen Zweigen der Bodencultur, und namentlich dem Ackerbau, der Gartenbau als Vorbild dienen und die höchsten Stufen des Ackerbaues sind eben Uebergänge zu dem Gartenbau; im Grossen und Ganzen muss sich der Ackerbauer, mit Rücksicht auf den geringeren Werth der meisten Erzeugnisse des Feldbaues, mit weniger weitgehender Bodenbearbeitung behelfen; der Pflug vertritt beim Feldbau die Stelle des Spatens; die Lockerhaltung des Bodens während des Wachsthums kann bei dem nicht zu umgehenden Wechsel der Früchte nur in einzelnen Jahren stattfinden, und auf Hackfrüchte mit gartenähnlicher Behandlung oder auf Brache folgen Getreide-Arten, für welche Bodenbearbeitung als pflegliche Massregel während ihrer Vegetation in der Regel nicht Anwendung findet, oder es werden zwischen Getreidepflanzen Futterpflanzen eingeschoben, welche den Pflug selbst für mehrere Jahre vom Felde verbannen. Die Wiese und die Weide, bestockt mit einer immerwährenden Grasnarbe, gestatten eine Bodenbearbeitung nicht, deren Effect bei ihnen allerdings zum Theile durch die sich in grösserer Menge ansammelnden organischen Reste vermittelt wird. Der Wald endlich nimmt Bodenbearbeitung entweder gar nicht in Anspruch, wie im Ausschlagwalde oder in dem durch natürlichen Samenabfall erzogenen Hochwalde, oder es wird nur ein kleiner Theil der Verjüngungsfläche für die Saat- oder Pflanzstellen der Bearbeitung unterzogen, welche aber dann für die ganze lange Lebensdauer des Hochwaldbaumes gilt, so dass nur

Bruchtheile eines Percents der gesammten Fläche eines in der Art behandelten Waldes alljährlich eine Lockerung des Bodens erhalten.

Der Erfolg des Pflanzenbaues wird in hohem Grade beeinflusst von Bodenbearbeitung und Düngung; immer aber bleibt die natürliche Beschaffenheit des Bodens eine der mächtigsten Wachsthumsbedingungen, und sind es namentlich die physikalischen Eigenschaften des Bodens, welche, wenn ungünstig, sich den Bestrebungen des Pflanzenbaues oft sehr hartnäckig entgegenstellen. Der Gärtner vermag auf seinem räumlich beschränkten Arbeitsfelde wohl am ehesten durch Bodenmischung eine für seine Zwecke erwünschte Gleba herzustellen, er ist dies jedenfalls für den feinsten Theil seines Betriebes, die Topfcultur, im Stande, bei welcher für die zahllosen Arten seiner Pfleglinge in der That je ein beliebiger Boden zusammengesetzt wird. Aber schon der Landwirth findet Bodenmischungen meistens zu kostspielig, und der Forstwirth gar kann an diese Melioration des Bodens höchstens für seine Saat- und Pflanzschulen denken. Aber der Boden ist es nicht allein, der zu erkennen ist bezüglich seines Einflusses auf das Gedeihen der Pflanzen; nicht minder ist es das Klima, welches studirt sein will, und zwar gegenüber dem Boden, mit dem es ja für die Zwecke des Pflanzenbaues stets nur in der Gesammtwirkung aufzufassen ist, und gegenüber den Ansprüchen der einzelnen Culturpflanzen, und gerade die klimatischen Einwirkungen können am wenigsten beeinflusst werden, mit ihnen muss zumeist unmittelbar gerechnet werden.

At prius ignotum ferro quam scindimus aequor,
Ventos et varium coeli praediscere morem
Cura sit ac patrios cultusque habitusque locorum
Et quid quaeque ferat regio et quid quaeque recuset.
Hic segetes, illi veniunt felicius uvae
Arborei fetus alibi atque injussa virescunt
Gramina . . . .

Was der Sänger des Landbaues mit wenig Worten hier so schön ausdrückt — ein Ausspruch, der des grossen Begründers der Landwirthschaftslehre, A. Thaer, Lieblingssentenz war —, das sucht die Naturwissenschaft der Gegenwart, welche den Pflanzenbau überall stützt und fördert, exact in die einzelnen Elemente zu zerlegen.

Das Mass von Wärme, welches der Vegetation, dem Pflanzenbau zur Verfügung steht, ist an verschiedenen Punkten der Erde äusserst verschieden. Während im hohen Norden nach überlangem Winter der Anbau des Roggens und der Gerste erst in den Juni fällt, im August aber schon die Ernte eintritt, die Vegetationszeit sich also auf wenige Monate beschränkt und die Wärmesumme, welche dem Pflanzenwachsthum zu statten kommt, nur 800 bis 1000° C. beträgt, geniessen die Tropen eine durchschnittliche, in den einzelnen Jahreszeiten nur unbedeutend verschiedene Wärme von 20 bis 30° C., so dass sich für diese Erdgürtel eine Jahres-Wärmesumme von 7000 bis 10.000° C. und damit die Möglichkeit zum Gedeihen der wärmeanspruchsvollsten Pflanzen und zur Gewinnung mehrerer Ernten in einem Jahre ergibt. Aehnliche Unterschiede bedingt die Erhebung über die Meeresfläche. Zwischen den Extremen finden sich alle möglichen Mittelstufen. Vielfach und bedeutend modificirt werden aber die durch geographische Breite und verticale Erhebung in der Hauptsache beherrschten Wärmeverhältnisse eines Ortes durch die Lage in Meeresnähe oder inmitten eines grossen Binnenlandes, durch die Nähe der Gebirge, Wälder u. s. w., und ein und dieselbe Jahres-Wärmesumme kann sich hiedurch in sehr verschiedener Weise auf die einzelnen Jahreszeiten vertheilen und dadurch dem Pflanzenbau ein sehr verschiedenes Gepräge geben. Die Wärme muss in der Regel genommen werden, wie sie durch das Klima geboten wird, und der Landwirth kann nur Pflanzen bauen, denen das vorliegende Mass von Wärme entspricht, wobei allerdings die Lage des Grundstückes selbst, z. B. der südliche Abhang für den Weinbau in dem nördlichen Theile des Gebietes, mitunter eine weitere Wahl gestattet; nur der Gärtner führt seinen Gewächsen in Warmhaus, Mistbeet u. s. w. künstlich Wärme zu oder schützt seine Culturen gegen den Einfluss niederer Temperaturen.

Die Wärme und die mit ihr annähernd verlaufende Belichtung, unter welcher die Bildung der organischen Substanz allein von statten geht, werden in ihrer Wirkung auf das Wachsthum der Pflanzen in hohem Grade beeinflusst durch Luftfeuchte und atmosphärische Niederschläge. Es gibt Gegenden, denen die Natur den befruchtenden Regen gänzlich versagt; da

ist jeder Pflanzenwuchs unmöglich und sie sind deshalb verurtheilt, Wüste zu sein. Anderen Gegenden misst die Natur nur wenige Decimeter Regenfall zu; wieder andere geniessen $^1/_2$ bis 1 Meter, noch andere selbst mehrere Meter. Die Vertheilung des Niederschlages auf die einzelnen Jahreszeiten ist dabei entweder eine gleichförmige, oder einzelne Jahreszeiten empfangen mehr als andere, wobei einzelne Jahreszeiten selbst leer ausgehen können, und dies Mehr oder Weniger kann auf die Vegetationszeit fallen oder auf eine ausserhalb derselben liegende Periode. Die Physiognomie der Landschaft hängt in hohem Grade von der Menge und Vertheilung der Niederschläge ab, wie sie sich durch die geographische Breite, die Erhebung über die Meeresfläche, die Nähe des Meeres und die von ihm über das Festland sich ergiessenden feuchten Winde oder die aus Wüsten oder trockenen Ländern ankommenden trockenen Luftströmungen ergibt, und Gegensätze, wie sie zwischen der grünen irischen Insel oder den in üppigem Grün prangenden Gebirgsgegenden und den Steppenländern des Südostens von Europa, oder den sommerdürren Ländern am Mittelländischen Meere bestehen, beeinflussen sehr entschieden die Wahl der Anbaupflanzen und die Leitung ihrer Cultur. Die Wachsthumsbedingung, welche das Wasser gegenüber der Pflanze ist, kann aber vielfach durch die Cultur beherrscht werden. Wo der Wald im Uebermasse vorhanden ist, kann derselbe vermindert werden; anderwärts ist er zu schonen; wieder wo anders kann es nützlich sein, Wald oder Bäume zu pflanzen. Wo ein feuchter Himmel zu viel der Nässe spendet, da findet die Entwässerung ein weites Feld, den Boden zu saniren. Wo es an sich zu wenig regnet, oder wo die Niederschläge während der Vegetationszeit zu gering sind oder gänzlich fehlen, da kann der Landwirth den Mangel der Niederschläge durch die Bewässerung ersetzen und hiedurch können sonst unfruchtbare Ländereien überhaupt erst culturfähig gemacht, im Allgemeinen aber die höchsten Ziele der Pflanzenproduction erreicht werden. Oberitalien, seit langer Zeit den Ländern nördlich der Alpen als Muster dienend, steht auch gegenwärtig in Europa noch als Vorbild da, während in anderen Erdtheilen Aegypten, Indien, China, Bokhara, Persien grossartige Beispiele von Bewässerungen abgeben, und die Geschichte erzählt, dass eine

Menge Landschaften südlicher Gebiete, welche heute wüst liegen, einstens reich und blühend waren, weil man verstand, den glühenden Boden durch das ihm mit Kunstfleiss zugeführte Wasser zu erfrischen, eine Operation, durch welche es auch gegenwärtig gelingen müsste, jene herabgekommenen Länder zu jener Blüthe zurückzubringen, deren sie sich im Alterthume erfreuten. Wenn nun auch nördlich von den Alpen, wo dem Sommer ein reichlicher Theil des Niederschlages zufällt, die Bewässerung der Felder nicht die Bedeutung hat wie in heissen, sommerdürren Ländern, wo oft die Culturfähigkeit einzig und allein von der Wasserzufuhr abhängt, so ist doch die Feldbewässerung auch dort nicht ganz ausser Acht zu lassen; für die Wiesen aber, deren Narbe überhaupt einen grösseren Anspruch an Feuchtigkeit stellt und den ganzen Sommer über sich zu reproduciren im Stande ist, behält die Bewässerung auch in gemässigteren Himmelsstrichen ihre hohe Bedeutung, indem sie der grünen Matte stets die nöthige Feuchtigkeit zuführt, ganz abgesehen von der Befruchtung des Bodens durch Pflanzennahrung, welche ja immer zu gleicher Zeit stattfindet. Die Kostspieligkeit der Bewässerungs-Anstalten muss allerdings im Einklang stehen mit den wirthschaftlichen Verhältnissen. Deshalb kann der Gärtner für seine beschränkte Fläche und seine werthvollen Erzeugnisse am ehesten Bewässerung und Begiessen zu Hilfe nehmen. In intensiven Wirthschaftskreisen, welche hohe Productenpreise geniessen, kann eher an die Bewässerung der Wiesen oder auch Felder gegangen werden als dort, wo der Boden und die Producte der Landwirthschaft wenig gelten, zur Steigerung der Production also weniger Antrieb vorhanden ist. Der Forstwirth macht von künstlicher Anfeuchtung des Bodens, ganz abgesehen von der gebirgigen Lage der meisten Forste, höchstens für Saatschulen, Weidenpflanzungen u. s. w. Gebrauch; der geringe Rohertrag des Waldes gestattet eben den Aufwand der Bewässerung nicht leicht, wenn selbe auch an und für sich wirksam wäre.

Boden und Klima sind die allgemeinen von der Natur gegebenen Wachsthumsbedingungen; der Pflanzenbauer unterstützt oder modificirt das Walten der Natur durch Bearbeitung des Bodens, durch Düngung, Entwässerung und Bewässerung und die sonstigen Hilfsmittel der Cultur. Insofern die von der Natur gegebenen

Bedingungen und die zur Verfügung stehenden Culturmittel für alle Zweige des Pflanzenbaues gelten, ist es die Aufgabe des allgemeinen Theiles des Pflanzenbaues, jene Bedingungen und jene Mittel auf ihre Wirkung im Allgemeinen zu untersuchen, während es dem speciellen Pflanzenbau überlassen bleiben muss, für jede einzelne Culturpflanze die Ansprüche an Klima, Boden und Culturmittel zu formuliren. Die specielle Pflanzenbaulehre muss diese Aufgabe auf Grund allgemeiner physiologischer Erkenntnisse und auf Grund der Biologie jeder einzelnen Culturpflanze zu lösen suchen, wird aber bei dieser Arbeit allerdings für alle jene Fragen, für welche eine exacte wissenschaftliche Lösung noch nicht vorliegt, die Ansichten der Empirie einer kritischen Sichtung unterziehen müssen. Die Pflanzen-Physiologie selbst in den Rahmen der allgemeinen Pflanzenbaulehre aufzunehmen, kann selbstverständlich nicht Absicht des vorliegenden Buches sein; aber für den Pflanzenbauer, welcher der Pflanze von der Keimung des Samens bis zur physischen oder technischen Reife seine ununterbrochene Aufmerksamkeit zuzuwenden hat, ergibt sich aus der allgemeinen Lehre eine Fülle von Beziehungen, Vertiefungen und Anwendungen für die Cultur, so dass nicht umgangen werden kann, dieselben der Pflanzenbaulehre vorauszuschicken — wenn z. B. über Samenkunde dem Landwirthe umfangreiche Werke (Nobbe) zu Hilfe gekommen sind, so muss die allgemeine Pflanzenbaulehre diesem Gegenstande sicher Rechnung tragen; wenn Darwin's Lehren einen so gewaltigen Umschwung in den Ansichten über die Entwicklungsgeschichte der Thiere und Pflanzen bewirkt haben, so muss die moderne Pflanzenbaulehre und die landwirthschaftliche Pflanzenbaulehre insbesondere der Entstehung der Varietäten der Culturpflanzen und der Neubildung von Varietäten überhaupt ihre volle Aufmerksamkeit zuwenden, denn ähnlich wie auf diesem Wege der Gartenbau bereits zahlreiche und grosse Erfolge erzielt hat, steht hiedurch gewiss auch dem Landbau Hebung und Förderung bevor.

Nach der vorangegangenen Darlegung des Inhaltes der Pflanzenbaulehre überhaupt und der Lehre des landwirthschaftlichen Pflanzenbaues insbesondere, dann nach Bezeichnung der Richtung, welche die Behandlung des Gegenstandes zu nehmen hat, erübrigt nur noch die Eintheilung und Anordnung des

Stoffes. Der allgemeine landwirthschaftliche Pflanzenbau zerfällt in folgende Theile:

1. Der Same.
2. Die Pflanze und ihr Wachsthum.
3. Das Klima.
4. Der Boden.
5. Die Düngung.
6. Die Bearbeitung des Bodens.
7. Der Anbau.

Mit dem Anbau soll der allgemeine landwirthschaftliche Pflanzenbau seinen Abschluss finden. Die Pflege und Ernte der Feldfrüchte, welche oft in den allgemeinen Theil des Pflanzenbaues aufgenommen zu werden pflegen, widerstreben einigermassen der Generalisirung, da die Anforderungen der einzelnen Culturpflanzen oder einzelner Gruppen derselben in dieser Beziehung viel weiter auseinandergehen als bezüglich der eben aufgezählten Hauptstücke. So ist es bei der Ernte ja zumeist nicht die einer allgemeinen Betrachtung fähige botanische Reife, welche das Verfahren bedingt, sondern die technische Reife, welche aber für die einzelnen Pflanzen auf die verschiedensten Entwicklungsstadien fällt, je nachdem eben das zu erntende Erzeugniss in Wurzeln, Knollen, Stengeln, Blättern, Blüthen, Früchten besteht, oder, für concrete Pflanzen ausgedrückt, je nachdem z. B. Weidegras, Heu, Grünfutter, Tabak, Karden, Safran, Flachs, Kartoffeln, Rüben, Getreide u. dgl. zu gewinnen ist. Der allgemeine Pflanzenbau müsste in diesem Theile in Erörterungen nach allen diesen Richtungen sich einlassen, also nothwendig an Zersplitterung leiden. Fast ebenso schwer lassen sich die pfleglichen Massregeln allgemein abhandeln, welche die Culturpflanzen während ihres Wachsthums in Anspruch nehmen, da dieselben ebenso wie die Schutzmassregeln gegen Schädlinge aus der Thier- und Pflanzenwelt gar so sehr von den Anforderungen und dem Verhalten einzelner Culturpflanzen oder Gruppen von Culturpflanzen abhängen. Die Aufstellung der Grundsätze für Pflege und Ernte bleibt deshalb der speciellen Pflanzenbaulehre überlassen, in welcher der Gegenstand je für einzelne Culturpflanzen oder für Gruppen von Culturpflanzen, welche sich technisch ähnlich verhalten, abgehandelt werden kann.

Die Literatur der allgemeinen Pflanzenbaulehre und, wie es die Natur des Gegenstandes mit sich bringt, namentlich auch die Literatur der neuen und neuesten Zeit ist in dem vorliegenden Werke weitgehend benützt worden; es wurde hiebei jedoch, obwohl in nicht wenig Fällen die bezüglichen Autoren genannt oder selbst ihre Worte angeführt werden, im Allgemeinen unterlassen, die Hinweisungen für jeden einzelnen Fall zu geben und hat man sich darauf beschränkt, am Schlusse jedes Theiles des allgemeinen Pflanzenbaues die Werke und Abhandlungen anzuführen, welche bei der Verfassung desselben zu Rathe gezogen worden sind.

ERSTER THEIL.

Der Same.

ERSTES HAUPTSTÜCK.

Die Morphologie des Samens.

Nicht Alles, was der Landwirth als „Same" bezeichnet und im Handel als „Same" circulirt, ist wirklich auch im botanischen Sinne ein Same; in vielen Fällen ist solcher vielmehr eine Frucht, welche von der Morphologie der Pflanzen bekanntlich als der reif gewordene, vollständig ausgebildete Fruchtknoten definirt wird. Ihr wesentlicher Inhalt ist entweder nur ein einziges Samenkorn oder aber eine grössere Zahl derselben. Die Fruchthülle besteht in der Regel blos aus der Fruchtknotenwand, dem Pericarp, welches von ein oder mehreren Fruchtblättern gebildet wird, oder aber es betheiligen sich an der Fruchtbildung im weitesten Sinne des Wortes auch noch andere, morphologisch verschiedene Theile, z. B. das Perigon, der Fruchtboden, die Pflanzenaxe etc., in welchem Falle von einer „Scheinfrucht" gesprochen wird. Als „Same" bezeichnen wir aber die völlig entwickelte, reif gewordene Samenknospe, deren Integumente sich zur Samenhaut umgewandelt haben, während eine der Eizellen des Keimsackes zum Embryo geworden ist.

Die vorhin erwähnte Verwechslung von Samen und Früchten erfolgt am häufigsten dann, wenn die Frucht nur Ein Samen-

korn einschliesst, wobei dasselbe fest oder auch nur locker eingeschlossen sein kann (z. B. im Weizen- und im Hanfkorn), wenn ferner durch die dicht anliegende Fruchthülle das Samenkorn in seiner Grösse nur eine geringe Veränderung erlitten hat. Sobald die Früchte mehrsamig sind, in welchem Falle die Samen fast durchwegs nur locker in der Frucht liegen, in keinem Falle aber mit dem Pericarpe eine Verwachsung eingegangen sind, passirt diese Verwechslung den Landwirthen schon nicht mehr; sie bezeichnen dann in der Regel die Frucht nach den ihr zukommenden Merkmalen als Hülse, wenn sie aus einem trockenhäutigen Fruchtblatt besteht, welches nicht nur an seiner Verwachsungsnaht, sondern auch längs seiner Rückenlinie aufspringt (Papilionaceen); als Schote, wenn sie aus zwei gleichfalls trockenhäutigen Carpellen besteht, die mit einer Längsscheidewand eine zweifächerige aufspringende Frucht bilden; als Beere, wenn die Samen in dem saftigen, als Pulpa bezeichneten Gewebe des Pericarps eingebettet liegen; als Kapsel, wenn die trockene Springfrucht von einem mehrfächerigen, d. h. von einem aus mehreren Carpellen bestehenden Fruchtknoten gebildet wird u. s. f.

Ausnahmsweise gewinnt man von manchen Pflanzen nicht einzelne Früchte, sondern ganze Fruchtstände oder Fruchtknäule, in welchen die einzelnen Früchte entweder nur locker neben einander gereiht oder unter einander verwachsen sind. Ein Maiskolben wäre ein solcher Fruchtstand mit nicht verwachsenen Früchten, während eine Maul-, Him- und Brombeere eine zusammengesetzte oder Sammelfrucht vorstellt, in welcher entweder die Früchte oder ihre Hüllen mit einander verwachsen sind. Auch in diesem Falle spricht man von Scheinfrüchten.

Ob wir von unseren Culturpflanzen Früchte oder Samen ernten oder erdreschen, ist in der Regel nicht von der Eigenthümlichkeit der einzelnen Pflanzenart, sondern von jener der ganzen Familie abhängig. Gehen wir der Reihe nach die Pflanzenfamilien durch, welche die wichtigeren Culturpflanzen enthalten, und ordnen wir selbe in drei Gruppen, je nachdem wir von ihnen Samen, einfache oder zusammengesetzte Früchte gewinnen, so erhalten wir folgende Zusammenstellung:

Samen liefernd:

Liliaceen, lilienartige Gewächse.
Irideen, schwertlilienartige Gewächse.
Plantagineen, Wegerichgewächse.
Convolvulaceen, Windengewächse.
Solaneen, Nachtschattengewächse.
Ranunculaceen, Hahnenfussgewächse.
Papaveraceen, mohnartige Gewächse.
Cruciferen, Kreuzblüthler.
Resedaceen, resedenartige Gewächse.
Cucurbitaceen, Kürbisfrüchtler.
Portulaceen, Fettkräuter.
Cariophylleen, nelkenblüthige Gew.
Euphorbiaceen, Wolfsmilchgewächse.
Lineen, leinblüthige Gewächse.
Papilionaceen, Schmetterlingsblüthler.

Einfache Früchte liefernd:

Gramineen, Gräser.
Urticaceen, Nesselgewächse.
Cannabineen, hanfartige Gewächse.
Chenopodiaceen, gänsefussart. Gew.
Polygoneen, Knöterichgewächse.
Valerianeen, Baldriangewächse.
Dipsaceen, Kardengewächse.
Compositen, Korbblüthler.
Rubiaceen, labkrautartige Gewächse.
Labiaten, Lippenblüthler.
Asperifolien, Rauhblättler.
Umbelliferen, Doldengewächse.
Ranunculaceen, Hahnenfussgewächse.
Malvaceen, malvenartige Gewächse.
Rosaceen, Rosenblüthler.
Papilionaceen, Schmetterlingsblüthler.

Zusammengesetzte Früchte liefernd:

Chenopodiaceen, gänsefussartige Gewächse.
Rosaceen, Rosenblüthler.

Die Mehrzahl gehört Holzgewächsen an, welche hier nicht eingereiht wurden, z. B. den *Moreen, Betulaceen* etc.

ERSTER ABSCHNITT.

Die Entstehung des Samens.

Es ist bekannt, dass die Samen aus den Samenknospen entstehen, welche sich als kleine ei- oder kegelförmige, warzige oder kugelige Hervorragungen im Innern der Fruchtknoten bilden. Solcher Samenknospen ist bald nur eine einzige vorhanden, bald bilden sich deren mehrere, selbst viele Hunderte oder Tausende. Die morphologische Bedeutung dieser Samenknospen wird verschieden aufgefasst. Die einzelne grundständige Samenknospe betrachtet man als Axengebilde; erhebt sich innerhalb des einfächerigen Fruchtknotens der Axenscheitel als säulenförmige oder anders gestaltete Anschwellung, auf welcher die Samenknospen entstehen, so entsprechen diese ebensovielen Blättern; wenn sie aus den nach innen vorspringenden Rändern der Fruchtblätter (Carpelle) ihren Ursprung

nehmen, kann man sie als metamorphosirte Blattzähne ansprechen. Geht aber die Samenknospe aus einer einzelnen oberflächlich gelegenen Zelle der Innenwand des Fruchtblattes hervor, so ist sie morphologisch gleichbedeutend mit einem Trichomgebilde.

An jeder Samenknospe kann man folgende Theile unterscheiden:

a) Den kürzeren oder längeren Stiel, von welchem sie getragen wird *(Funiculus)*;

b) die Integumente oder Samenknospenhäute, von welchen entweder nur eine oder zwei vorkommen;

c) die Mikropyle, d. i. die obere canalartige Oeffnung der Integumente;

d) den Samenknospenkern *(Nucleus)* mit der Kernwarze, d. i. dem unter der Mikropyle liegenden Scheitel des Nucleus;

e) den Embryosack mit den Eizellen oder Keimbläschen.

Die Samenknospe ist entweder geradläufig oder orthotrop (atrop), wenn der Keimmund (Mikropyle) dem Anheftungspunkt gerade gegenüberliegt (Polygoneen).

Oder sie ist rückläufig oder anatrop, wenn sie bei der Entwicklung der Integumente sich in der Weise krümmt, dass später die Mikropyle seitwärts neben dem Funiculus liegt, der Knospenkern jedoch gerade bleibt (Gräser).

Als dritter Haupttypus endlich ist die gekrümmte oder campylotrope Samenknospe zu unterscheiden, wenn sich Knospenkern und Integumente bei der Krümmung der Samenknospe mitkrümmen.

Ist die Entwicklung der Samenknospe so weit vorgeschritten, dass man ausser dem Zellkern des Embryosackes auch noch die Eizellen und ihre Antipoden unterscheiden kann, so tritt der Zeitpunkt der Befruchtung ein, auf welchen wir aber jetzt nicht näher einzugehen brauchen. Es genügt, kurz anzudeuten, dass die Pollenkörner, welche auf die Narbe des Griffels gelangen, Keimschläuche oder Pollenschläuche entwickeln, dass diese durch den Griffelcanal bis ins Innere des Fruchtknotens gelangen und dass je ein Pollenschlauch in die Mikropyle einer Samenknospe eindringt. Hier legt er sich dicht an den Keimsack an, wobei ohne Zweifel ein Theil seines Inhaltes mit dem Inhalte der Eizellen sich vermischt. Eine

dieser Eizellen, selten zwei oder mehrere, werden hiedurch zur Weiterbildung veranlasst, d. h. zur Umwandlung in den Embryo oder den Keim. Der complicirte Vorgang hiebei ist folgender: Die befruchtete Eizelle umgibt sich mit einer Membran und ihr dem Embryosackscheitel zugekehrtes Ende verwächst mit diesem. Sodann verlängert sich die befruchtete Eizelle und theilt sich durch eine Querwand in zwei Zellen. Die eine ist mit dem Embryosacke verwachsen, die andere reicht in diesen frei hinein. Die erstere gliedert sich noch mehrfach durch weitere Querwände und wird zum Embryoträger; die Zelle dagegen, welche frei in den Embryosack hineinragt, wird zum Embryo. Zunächst ist sie eine fast kugelige Zelle, die sich zuerst durch eine in der Längsaxe derselben liegende Wand in zwei Zellen und darauf durch auf diese Wand senkrechte Wände in Kugel-Octanten theilt. Von letzteren entwickeln sich die oberen zu den Keimblättern, dem Stammscheitel und dem dazu gehörigen Stengelknoten; die unteren Octanten bilden die Anlage des hypocotylen Gliedes und der Keimwurzel.

Dieser Process, der durch fortgesetzte Zelltheilung eine immer weiter gehende Differenzirung des Embryo bewirkt, ist namentlich von Hanstein bis in's Detail verfolgt worden, doch kann auf denselben hier nicht weiter eingegangen werden.

Während nun diese Entwicklung des Embryo stattfindet, ergeben sich auch andere Veränderungen, die im Keimsacke vor sich gehen. Es treten im Plasma des Embryosackes freie Zellen auf, dieselben vermehren sich durch Theilung und durch das Auftreten neuer frei gebildeter Zellen zwischen den älteren. Schliesslich rücken sie dicht an einander, werden durch den gegenseitigen Druck polyedrisch und bilden dann ein den ganzen Embryosack ausfüllendes, den Embryo umhüllendes Gewebe, das Endosperm, Samen-Eiweiss oder Albumen.

In anderen Fällen theilt sich jedoch, wie bei manchen Dicotyledonen mit langgestrecktem Embryosacke der letztere durch Querwände, worauf in den so entstandenen Zellen weitere, zur Endospermbildung führende Zelltheilungen eintreten. Es kommt nun vor, dass sich im Samen der Embryo so mächtig entwickelt, dass das gesammte Endosperm nebst dem Gewebe des Samenknospenkernes verbraucht und resorbirt wird; in

einem solchen Falle schliesst der Same innerhalb der Samenhaut blos den Embryo oder Keim ein.

Oder aber der Embryo bleibt klein, dafür hat sich das Endosperm mächtig entwickelt und die Zellen des Knospenkernes und deren Inhalt völlig verbraucht. In einem solchen Falle enthält der Same nebst dem Embryo auch noch das Endosperm innerhalb der Samenschale.

Oder endlich es bildet sich zwar Endosperm aus, ohne aber das Gewebe des Knospenkernes ganz zu verdrängen, dann ist auch dieses im reifen Samen nachweisbar und wird als Perisperm bezeichnet.

Zwischen Samen, die als endospermlose bezeichnet werden und grosse Embryonen enthalten, und Samen mit kleinen Embryonen und mächtig entwickeltem Endosperm gibt es zahlreiche Uebergänge selbst in derselben Familie, z. B. den Schmetterlingsblüthlern.

Wir haben daher an jedem Samenkorne zu berücksichtigen:

1. Die Samenhaut oder Samenhülle;
2. den Embryo oder Keim; eventuell
3. das Samen-Eiweiss oder Samen-Endosperm und
4. das Perisperm.

ZWEITER ABSCHNITT.

Die Samenschale und die Fruchthülle.

Haben wir es mit einem Samen zu thun, so wird der Schutz des Embryo durch die Testa des Samens, die Samenhaut, Samenschale oder Samenhülle bewirkt; wenn aber der Same dauernd von der Fruchthülle umgeben ist und wir es mit einer einsamigen Frucht zu thun haben, deren Perikarp mit der Samenhaut entweder verwachsen ist oder nicht, dann wird der Schutz des Embryo vornehmlich durch die Fruchthülle bewirkt, an die Stelle der Function der Samenschale tritt jene der Fruchtschale. Die Samenhaut entwickelt sich, wie wir gesehen haben, aus den Integumenten, die Fruchthülle aber entsteht aus den umgewandelten Fruchtblättern. Während die

Integumente der Samenknospen gewöhnlich nur aus einigen wenigen Zellenschichten bestehen, sind die Samenhäute des reifen Samens schon weit complicirter gebaut und kann die Zahl der Zelllagen wohl 8 bis 20 und selbst mehr betragen. Dazu kommt, dass der Bau und die Eigenschaften der Zellen dieser einzelnen Schichten sehr verschiedenartige sind und dass der Typus des Baues oft zum Charakter-Merkmal für die Samen ganzer Pflanzenfamilien wird. So wünschenswerth es nun wäre, eine von gemeinsamen anatomisch-physiologischen Gesichtspunkten ausgehende Erörterung des verschiedenen Baues der Samenhäute zu besitzen, so sind doch die hiezu unumgänglich nothwendigen Vorarbeiten noch lange nicht so weit gediehen, um schon jetzt eine solche Vergleichung zu gestatten. Immerhin liegen schon zahlreiche werthvolle Arbeiten über die Samenschalen vor und weise ich hier nur auf die werthvollen Specialarbeiten von Schleiden und Vogel, Hofmeister, Cramer, Lohde, Kraus, Magnus und Anderen hin.

Nobbe hat die einzelnen Zellschichten der Samentesta unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunkt zu bringen gesucht, und hat derselbe folgende einzelne Schichten derselben unterschieden:

1. Die Hartschicht, welche meist aus dickwandigen, radial gestellten Zellen besteht, die pallisaden- oder stäbchenförmig gestaltet sind. Auf ihrer Consistenz beruht wesentlich die grosse Festigkeit mancher Samenhüllen. Bald gehört die Hartschicht zu den äusseren, bald zu den inneren Schichten. Die entsprechende Gewebeschicht der Samenhaut kann aber auch aus horizontal gestreckten, platt gedrückten Zellen bestehen.

2. Die Quellschicht, unter welcher jene Zellschicht der Samenhaut gemeint wird, die das Vermögen besitzt, durch Aufnahme grosser Mengen von Wasser aufzuquellen. Sie umfasst bald eine, bald mehrere Zelllagen und bildet entweder die äusserste oder auch die innerste Schicht der Testa, bald beschränkt sie sich auf gewisse Partien der Peripherie des Samens. Alle Samen, welche beim Einquellen klebrig, schleimig werden, d. h. von einer reichlichen Schleimhülle umgeben erscheinen, besitzen eine derartige Quellschicht; so Leinsamen, Quittensamen, die Samen des Senfs, Leindotters u. a. m.

3. Die Pigmentschicht ist gewöhnlich eine der inneren Schichten; entweder ist der Farbstoff als Inhaltsbestandtheil abgelagert oder es sind die Membranen mit dem Farbstoff imprägnirt. Nicht selten fehlt diese Pigmentschicht, in welchem Fall die etwa vorhandenen Farbstoffe in den anderen Schichten der Samenhaut, mit Ausnahme der Quellschicht, vorzukommen pflegen.

4. Die Stickstoffschicht ist meist die innerste Schicht der Testa, besteht nur aus einer einzigen Zelllage und zeichnet sich durch ihren feinkörnigen protoplasmatischen Inhalt aus, welcher die Reactionen stickstoffhaltiger Körper erkennen lässt.

5. Noch unterscheidet Nobbe anderweitige Gewebs-Elemente der Samenhaut, zu welchen namentlich luftführende Schichten gehören, welche nicht selten aus 5 bis 6 Zelllagen zusammengesetzt sind, deren Zellen verschieden gestaltet, gross und klein sein können. Sie haben nach Nobbe wahrscheinlich die Aufgabe, den Wärmeverlust, den die Samen durch Ausstrahlung der Wärme erleiden, zu mässigen, auch vermögen sie bei vorübergehender Benetzung der Samen grosse Mengen Wassers aufzunehmen und längere Zeit aufzubewahren.

Man kann diese Eintheilung als eine mehr schematische auffassen, denn eine solche Eintheilung müsste, wenn sie von allgemeiner Giltigkeit sein sollte, sich ja auf die genauere Kenntniss der physiologischen Function jeder einzelnen differenzirten Zellschicht stützen, worüber aber zumeist noch genauere Beobachtungen und Untersuchungen fehlen. Auch hat Lohde auf die Unzukömmlichkeit einer solchen Terminologie insoferne hingewiesen, als sie nur für Samen mit complicirt gebauter Testa Geltung hätte und die einfacher gebauten ganz unberücksichtigt liesse.

Hinsichtlich des Baues der als Samenhüllen fungirenden Pericarpien bei Früchten ist eine derartige Eintheilung der Zellschichten noch nicht versucht worden. Kraus, der eine ausführliche Arbeit über den Bau trockener Pericarpien mittheilte, unterscheidet an denselben die äussere und innere Epidermis, das Parenchym und die Hartschicht, welch' letztere vorzugsweise dazu bestimmt ist, dem Pericarp die für den Samenschutz nöthige Festigkeit und Steifheit zu verleihen.

Indem wir uns vorbehalten, im Abschnitte über die Keimung der Samen auf die einzelnen Functionen, welche der Samenschale übertragen sind, näher einzugehen, können wir uns hier mit einer Aufzählung derselben begnügen.

Dieselben bestehen darin:

1. Den Inhalt des Samens vor mechanischen Verletzungen zu schützen und ihm Schutz vor zahlreichen Insecten und anderen schädlichen Einflüssen zu gewähren. (So z. B. dem Samen der Beerenfrüchte im Darmcanal der Vögel.)

2. Die Keimfähigkeit der Samen zu bewahren. Schwankende Luftfeuchtigkeit, der Wechsel von Durchfeuchtung und Austrocknung, zahlreiche Schimmelpilze würden den nackten Embryo bald tödten, wenn nicht die Samenhülle diese Einflüsse mehr oder weniger paralysirte.

3. Durch die zahlreichen Anhängsel, welche die Testa bei vielen Samen besitzt (Flugorgane, Haare, Pappus, Häkchen, Stacheln, Flügel u. s. w.), dient dieselbe als Verbreitungsmittel der Samen.

4. Durch die Samenschale wird ein wichtiger Einfluss auf das Anquellen der Samen ausgeübt.

5. Durch sie wird der osmotische Austritt von Nährstoffen aus quellenden und keimenden Samen wesentlich vermindert.

DRITTER ABSCHNITT.

Der Embryo und das Endosperm.

Aus der Eizelle des Keimsackes entwickelt sich in Folge der Befruchtung durch den Pollenschlauch der Embryo oder Keim. Unter demselben versteht man ein zartes, winziges, unentwickeltes Pflänzchen, das dargestellt wird durch ein Stengelchen, dessen unteres Ende von der Wurzelspitze, dessen oberes vom Scheitel des Stengelchens begrenzt wird. Bald ist dieser Scheitel noch blattlos (wie bei *Helianthus*, *Cucurbita*), bald ist derselbe als ein mehr oder weniger mächtig entwickelter beblätterter Vegetationskegel vorhanden, welcher als Plumula (Keimknöspchen) bezeichnet wird. Wenn man von einem Wurzelkeime oder Blattkeime spricht, so meint man unter ersterem

immer das Würzelchen des Embryo, unter letzterem seine Plumula; die Bezeichnung ist aber ungenau, ja unrichtig und besser nicht zu gebrauchen.

Mitten am Stengelchen, zwischen Würzelchen und Knöspchen, am sogenannten Wurzelhals oder dem ersten Knoten sind die Keimblätter oder Cotyledonen angewachsen. Die Monocotyledonen besitzen nur eines, die Dicotyledonen dagegen deren zwei. Bei den Gymnospermen, zu welchen die Cycadeen und Coniferen gehören, sind solcher Keimblätter entweder gleichfalls zwei oder aber drei bis fünfzehn vorhanden, die in einem Winkel unterhalb des Scheitels des Stengelchens inserirt sind. Darauf bezieht sich die Bezeichnung *Monocotyledoneae* und *Dicotyledoneae;* für die Gymnospermen liesse sich auch die Bezeichnung *Polycotyledoneae* in analoger Weise anwenden. Bei den Monocotyledonen ist das gestreckte Stengelchen nebst Würzelchen und Knöspchen häufig im fleischigen Cotyledo eingesenkt, bei den Dicotyledonen ist die gegenseitige Lage der einzelnen Theile des Keimes eine verschiedene. Häufig ist nur das Knöspchen von den beiden Keimblättern bedeckt, das Würzelchen aber frei, oder es ist letzteres in einer Rinne zwischen beiden Keimblättern versenkt oder auf den Rücken eines derselben übergebogen. Die Keimblätter selbst können geradegestreckt oder eingerollt sein.

So kommen z. B. bei den Kreuzblüthlern folgende Verhältnisse der Lage der Keimtheile vor:

1. Die seitenwurzelige,
2. die rückenwurzelige, wobei
   a) die Keimblätter entweder auf einander liegen, oder
   b) die Keimblätter rinnig gefaltet sind;
3. die eingerollte,
4. die zurückgeknickte.

Bei sehr vielen Pflanzenfamilien kommt es vor, dass die Samen nur den Keim einschliessen. Berücksichtigen wir nur jene Pflanzenfamilien, welche unsere Culturpflanzen enthalten, so würden wir in die Gruppe der endospermlosen Samen folgende einzureihen haben:

Cannabineae,	*Cruciferae,*	*Rosaceae,*
Valerianeae,	*Cucurbitaceae,*	*Amygdaleae,*
Compositae,	*Resedaceae,*	*Papilionaceae.*

Bei all' den Samen, welche nur den Keim einschliessen, sind sämmtliche Assimilations-Producte, welche als Reservestoffe zur Ernährung des Embryo dienen sollen, in den Cotyledonen abgelagert, darum sind diese in der Regel auch stark entwickelt und von fleischiger Beschaffenheit. Wenn nun die Reservestoffe eine so ungemein wichtige Rolle für die Entwicklung des Embryo spielen, so entsteht die Frage, warum denn nicht alle Pflanzenarten Samen mit mächtig entwickelten grossen Embryonen und fleischigen Keimblättern besitzen, wie z. B. die Leguminosen oder die Eichen, die Kastanien, die Rosskastanie oder die Wallnuss? Warum bei der Mehrzahl der Pflanzen viel kleinere Samen vorherrschen? Daran sind insbesondere zwei Umstände Schuld: Erstens trachtet die Pflanze, die Gesammtmenge von Reservestoffen, welche sie producirt, auf möglichst viele Samen zu vertheilen, ist daher in der Ausstattung des einzelnen Samens beschränkt; zweitens kommt es ihr auch auf die Verbreitungsfähigkeit der Samen an; diese ist aber eine um so gesichertere, je kleiner die Samen und je zahlreicher sie sind. „Man kann daher die Menge von Nährstoffen, welche den einzelnen Samen einer bestimmten Pflanzenspecies mit auf den Weg gegeben wird, als diejenige mittlere Menge ansehen, bei welcher sich die zur Erhaltung der Species nothwendigen Factoren das Gleichgewicht halten." Einerseits soll durch die Menge der Reservestoffe die Entwicklung der Keimpflanze bis zu einem gewissen Punkt gesichert sein, andererseits soll die Zahl der Samen und ihre Verbreitungsfähigkeit gleichfalls möglichst günstige Aussichten für das Fortkommen wenigstens einzelner eröffnen. „Weshalb nun, je nach den verschiedenen Arten, die eine oder die andere Wagschale sinkt und das Verhältniss des Gewichtes des einzelnen Samenkornes zu jenem der producirten Gesammtmenge ein variables ist, darüber könnte blos die Summe jener Verhältnisse Aufschluss geben, in welchen die betreffende Species zum Klima, Boden und den übrigen Mitconcurrenten steht und während ihrer historischen Entwicklung gestanden hat." (G. Haberlandt.)

Dieselben Bemerkungen gelten auch für solche Samen und Früchte, welche ein Endosperm oder Samen-Eiweiss besitzen. Wir kennen die Art der Entstehung dieses Gewebes, welches im Embryosack auftritt und bei endospermlosen Samen sammt

dem Inhalte der Zellen zur ausschliesslichen Ausbildung des Embryos verwendet wird. Wo es dagegen in mächtiger Entwicklung auftritt, da ist es seiner Masse nach der vorherrschende Bestandtheil des Samens, und der Keim ist gewöhnlich sehr klein. Ueber das Perisperm, jenen Theil des Knospenkernes, welcher nach Ausbildung des Embryo und des Endosperms noch unresorbirt zurückbleibt, ist nichts zu bemerken; dieses ist meist in sehr geringer Menge vorhanden; die wenigen Ausnahmen beschränken sich auf die Piperaceen und Nymphaeaceen. Sowohl das Endosperm wie das Perisperm füllt sich, wenn es vorhanden ist, mit zahlreichen Reservestoffen an, welche das junge Pflänzchen zu ernähren haben. Dem Endosperm kommt also die gleiche Function wie den Cotyledonen eiweissloser Samen zu. Es stellt einen Nährstoffbehälter für die jungen Pflanzen vor und macht die Samen auch für den menschlichen Haushalt höchst werthvoll.

Die anatomische Beschaffenheit des Endosperms ist sehr verschieden. Bei der Kaffeebohne, der steinharten Elfenbeinnuss, der Dattel u. a. m. verdicken sich seine Zellwände bedeutend und erhärten zugleich hornartig; Cellulose ist hier das hauptsächlichste Reservematerial für die Keimpflanze. In anderen Fällen bleibt es zart und dünnwandig und speichert in seinen Zellen Stärke oder Fett auf. Stets sind in dem Gewebe der Reservestoffbehälter auch Eiweiss-Substanzen, oft in sehr beträchtlicher Menge, vorhanden, welche für die Constituirung des Plasmaleibes der neugebildeten Zellen des keimenden Pflänzchens ebenso nothwendig sind, wie die Kohlehydrate oder fetten Oele für die Bildung der Zellmembranen. In ölhaltigen Samen erscheinen die Eiweiss-Substanzen gewöhnlich in Form von Aleuron- oder Proteïnkörnern, eingebettet in eine fettige Grundsubstanz.

Die gegenseitige Lage des Keimes und des Endosperms ist eine sehr verschiedenartige. Bald ist der Keim an der Basis des Endosperms und zugleich seitlich befindlich, wie bei den Gräsern, bald ist er im Innern des Endosperms versenkt und sind die Keimblätter aneinanderliegend oder auseinandergedreht *(Polygoneae)*, bald wieder umgibt der Keim ringförmig das Eiweiss, das eine centrale Lage hat.

Die Mehrzahl der Familien, welchen unsere Culturpflanzen angehören, haben Samen mit einem Endosperm, und diene behufs einer Uebersicht folgende Zusammenstellung:

Gramineae, der Keim schild- oder linsenförmig, an das mehlige Endosperm unten und vorn nach aussen angewachsen.

Cyperaceae, Keim sehr klein, im Grunde des mehligen Eiweisses eingeschlossen.

Liliaceae, Keim in der Axe des fleischigen Eiweisses, gerade oder gekrümmt.

Irideae, Keim im Grunde des fleischigen, fast hornartigen Eiweisses.

Urticaceae, Keim in der Axe des fleischigen Eiweisses.

Chenopodiaceae, Keim ring- oder hufeisenförmig im Umkreise des mehligen Eiweisses.

Polygoneae, Keim gerade oder gekrümmt, am Rande des mehligen Eiweisses liegend oder von demselben eingeschlossen.

Plantagineae, Keim meistens gerade, in der Axe des fleischigen Eiweisses.

Dipsaceae, Keim in der Axe des fleischigen Eiweisses.

Rubiaceae, Keim in der Axe oder im Grunde des fleischigen oder hornigen Eiweisses.

Labiatae, Keim in der Axe des dünnen Eiweisses.

Umbelliferae, Keim kurz, gerade, im oberen Ende des Eiweisses eingeschlossen.

Ranunculaceae, Keim sehr klein, im Grunde des hornartigen Eiweisses.

Papaveraceae, Keim sehr klein, im Grunde des fleischig-öligen Eiweisses.

Caryophylleae, Keim peripherisch, fast schrauben- oder ringförmig, oder auch nur gekrümmt oder gerade, an der Seite des mehligen oder fast fleischigen Eiweisses liegend, seltener in der Axe des Eiweisses eingeschlossen.

Malvaceae, Keim im schleimigen oder fleischigen spärlichen Eiweiss, in der Richtung des Samens gekrümmt.

Euphorbiaceae, Keim in der Axe des fleischigen Eiweisses.

Lineae, Keim gerade, in der Axe des Eiweisses eingeschlossen.

ZWEITES HAUPTSTÜCK.

Die Keimung des Samens.

Im lufttrockenen Samenkorn befindet sich der Embryo im ruhenden, „schlafenden" Zustande und so lange dieser Zustand andauert, ist von einer weiteren Entwicklung desselben nicht die Rede. Wenn aber gewisse äussere Agentien einwirken, dann beginnt eine neue Thätigkeit im Embryo und das Wachsthum desselben, welches durch den Reifeprocess eine Unterbrechung erlitten hatte, beginnt auf's Neue. Dieses neu beginnende Wachsthum des Embryo ist der Keimprocess, den wir nun eingehender studiren müssen und der unter drei Bedingungen erfolgt:

1. Bei Aufnahme einer hinreichenden Menge von Feuchtigkeit;
2. bei Einwirkung einer entsprechenden Temperatur;
3. bei Zutritt der atmosphärischen Luft, d. i. des Sauerstoffes derselben.

ERSTER ABSCHNITT.

Die äusseren Keimungsbedingungen.

1. Wasser.

Die Aufnahme des Wassers seitens der Samen wird durch die Testa auf endosmotischem Wege bewirkt, denn die äusserste Zellschicht der Testa hat keine Poren, durch welche das Wasser auf capillarem Wege in's Innere des Samens einzudringen vermöchte. Nur ganz ausnahmsweise finden sich solche Poren vor, z. B. bei den Samen der Canna, welche eine ausserordentlich harte und feste Testa besitzen. Schon mit freiem Auge nimmt man an der Oberfläche derselben eine sehr feine Punktirung wahr, als wenn sie von den feinsten Nadelstichen übersäet wären. Unter dem Mikroskope bemerkt man, dass jedes dieser winzigen Grübchen einer Spaltöffnung entspricht. Dieselben erweitern sich zu verkehrt trichterförmigen Luft-

lücken, welche die harten Zellschichten der Testa durchsetzen und die Wasseraufnahme auf capillarem Wege vermitteln. Doch wie gesagt, dies ist eine seltene Ausnahme. Entweder nehmen nun die Samen das Wasser mit ihrer ganzen Oberfläche gleichförmig auf oder es wird die Wasseraufnahme an gewissen Partien der Oberfläche besonders begünstigt. Fast immer macht sich an jener Stelle, wo der Same mit der Mutterpflanze organisch verbunden war, ein mehr lockerer Bau der Testa oder der Fruchtschale bemerklich; auch durch die Mikropyle findet das Wasser in der Regel leichteren Zutritt.

Wenn man z. B. einen Versuch mit Fisolen *(Phaseolus vulg.)* in der Art ausführt, dass man an den einzelnen Samen Hilum und Mikropyle mit Asphaltlack verschliesst und an anderen zur Controle dienenden Samen an anderen Stellen gleich grosse Flecke mit Asphaltlack aufträgt und beide Partien gleichzeitig einquellen lässt, so werden die letzteren in derselben Zeit mehr Wasser aufnehmen wie die ersteren. Bei einem solchen Versuch mit je 100 Samen betrug die Quellungsdauer jener Samen, deren Mikropyle und Hilum verklebt waren, 42 Stunden, die der anderen nur 12 Stunden.

Die Menge des Wassers, welches von den quellenden Samen aufgenommen wird, schwankt zwischen weiten Grenzen. Mit dem geringsten Wasserquantum begnügen sich die Körnerfrüchte der Gramineen, deren Wasseraufnahme zwischen 26 bis 80% des Eigengewichtes der Körner beträgt; bei Schmetterlingsblüthlern, insbesondere den Leguminosen, variirt dieselbe zwischen 83 und 126%; bei jenen Samen, welche eine Quellschicht besitzen und beim Einquellen äusserlich schleimig werden, kann die Wasseraufnahme selbst mehrere 100% ausmachen.

Mit den verschiedenen Getreidearten wurde im landwirthschaftlichen Laboratorium der k. k. Hochschule für Bodencultur ein Quellungsversuch mit je 100 Körnern in der Art gemacht, dass dieselben in Glascylindern in einer 10 Centimeter hohen Wassersäule eingequellt wurden, wobei man das Quellwasser täglich mehreremale erneuerte; täglich wurden die Samen herausgenommen, oberflächlich getrocknet und sogleich gewogen. Aus diesen Gewichten und dem anfänglichen Gewicht im lufttrockenen Zustande konnte die bis dahin stattgehabte Wasseraufnahme in Procenten berechnet werden.

Wasseraufnahme in Procenten nach Tagen:

	1	2	3	4	6	7	8
Weizen	31·5	37·6	44·5	53·7	60·2	63·4	68·8
Roggen	41·7	47·9	60·4	74·5	79·6	83·5	85·04
Gerste	36·8	43·5	48·6	55·3	64·9	67·4	68·0
Hafer	39·7	43·6	51·5	57·5	65·9	71·5	76·0
Mais	25·4	33·0	36·3	38·2	40·3	42·2	49·7
Reis	11·3	15·0	18·3	20·0	22·8	28·5	35·8
Moorhirse	30·8	31·4	35·4	38·8	40·1	40·2	40·3
Rispenhirse	14·7	18·4	22·4	26·6	29·7	32·6	33·0
Mohar	18·8	19·5	20·0	22·3	24·5	25·6	26·7

Für Leguminosen betrug die Wasseraufnahme bis zur erfolgten Keimung:

Bei Erbsen	98·5%	Bei der Platterbse	126·0%
„ der gemeinen Fisole	94·9%	„ „ weissen Lupine	118·0%
„ Linsen	99·6%	„ „ gelben Lupine	116·0%
„ der Kichererbse	75·7%	„ „ Sojabohne	107·0%
„ „ Ackerbohne	91·7%	„ *Dolichos monachalis*	112·6%
„ „ Pferdebohne	88·3%		

Wie bedeutend bei schleimigen Samen die Quellung schon nach sehr kurzer Zeit des Einweichens ist, ersieht man aus folgendem Versuche:

Je 100 lufttrockene Samen von *Linum usitatissimum*, *Salvia pratensis* und *Plantago Cynops* wurden, nachdem sie genau abgewogen worden waren, zwischen nasses Filter gebracht und nach einer Stunde wieder gewogen. Ihr anfängliches Gewicht verhielt sich zu dem im aufgequollenen Zustande

bei *Lin. usit.* wie 1 : 2 was 100%
„ *Salv. prat.* 1 : 3·2 „ 213%
„ *Plantago Cyn.* 1 : 5 „ 403%

} Wasseraufnahme entspricht.

(G. Haberlandt.)

Diese Wassermenge, welche die Samen benöthigen, um keimen zu können, nehmen sie je nach Umständen in kürzerer oder längerer Frist auf. Schneller erfolgt die Quellung, wenn sie im Wasser versenkt sind, langsamer in feuchter Erde. Im Wasser genügen meist 24 bis 48 Stunden, um so viel Feuchte in's Samen-Innere hineinzuschaffen, dass ihre Keimung beginnen kann, in feuchter Erde können sie dazu je nach dem Feuchtigkeitsgehalt derselben die doppelte und selbst vielfache Zeit brauchen.

Gewiss ist, dass die Testa die Wasseraufnahme nicht beschleunigt, sondern dass solche die Quellung verzögert. Man kann also der Testa nicht eine Function zuschreiben, welche etwa darin bestünde, die Beschleunigung der Wasseraufnahme zu bewirken, sondern es muss ihre Aufgabe, wie wir gleich sehen werden, anderen Zwecken dienen.

Ein Beispiel mag hier für viele gelten.

Wenn Samen der Pferdebohne zum Theile entschält und nicht entschält eingequellt werden, so beträgt die Wasseraufnahme:

	bei den ungeschälten Samen	bei den geschälten Samen
nach 12 Stunden	55·7%	83·4%
„ 24 „	84·5%	85·6%
„ 36 „	89·1%	keine Zunahme mehr.

Aus dem letzteren Beispiele ersieht man zugleich auch, dass die von der Samentesta umgebenen Samen etwas mehr Wasser aufzunehmen vermögen. (G. Haberlandt.)

Sobald Samen oder Früchte durch längere Zeit im Wasser liegen, verlieren sie in Folge der Exosmose eine nicht unbeträchtliche Menge organischer und anorganischer Bestandtheile, sie werden ausgelaugt. Die Grösse des dabei stattfindenden Verlustes ist eine sehr verschiedene. So haben bei einem Versuche, bei welchem die Einquellung durch 24 Stunden andauerte, die zum Versuche verwendeten, vorher gewogenen Samen folgende Einbussen an Gewicht erlitten:

Weizen	1·14%	Fisolen	6·48%
Roggen	1·35%	Erbsen	5·03%
Gerste	1·33%	Ackerbohnen	2·58%
Hafer	2·06%	Lein	13·22%
Mais	1·05%	Hanf	1·09%
Mohar	1·92%	Mohn	2·0 %
Rothklee	11·11%		

Die Auslaugung ist eine um so grössere, je reiner und wärmer das Wasser ist und durch je längere Zeit dieselbe andauert. So hat bei einem Versuche, der durch 35 Tage währte und bei welchem Gerste und Maiskörner verwendet wurden, ein Verlust an Trockensubstanz stattgefunden:

		Mais	Gerste
nach 5 Tagen	im kalten Wasser von 7° C.	4·34%	3·26%
	im warmen Wasser von 18° C. . . .	5·45%	4·52%
nach 30 Tagen	im Wasser von 7° C.	26·04%	19·44%
	„ „ „ 18° C.	33·70%	27·12%

Um auch die Wirkung der Auslaugung mit Bezug auf die wichtigsten Bestandtheile dieser Körner, Fett, Proteïn, stickstofffreie Extractivstoffe, Rohfaser und die einzelnen Aschenbestandtheile beurtheilen zu können, wurden auch Analysen solch' ausgelaugter Körner vorgenommen und mit den Analysen von Proben nicht ausgelaugter Körner verglichen. Es ergaben sich hiebei folgende Resultate:

100 Theile lufttrockene Substanz enthalten:	Mais			Gerste		
	nicht ausgelaugt	ausgelaugt		nicht ausgelaugt	ausgelaugt	
	Procent der lufttr. Substanz	Proc. der lufttr. Substanz	Procent, berechnet auf die ursprüngl. lufttr. Substanz	Procent der lufttr. Substanz	Proc. der lufttr. Substanz	Procent, berechnet auf die ursprüngl. lufttr. Substanz
Wasser	11·48	11·3	—	11·52	10·06	—
Fett	4·08	4·14	2·9	1·63	2·70	2·00
Proteïn	9·23	9·37	6·58	10·22	10·38	7·70
Stickstofffreier Extr.-Stoff	72·65	73·28	51·44	70·28	69·51	51·58
Rohfaser	1·34	1·32	0·91	3·73	5·42	4 02
Reinasche	1·19	0·57	0·4	1·88	1·00	0·74

Von Aschenbestandtheilen ist das Kali am meisten vermindert worden, um mehr als 90 %; weniger ist der Phosphorsäure- und Magnesiagehalt beeinflusst worden, wie sich aus folgender Zahlenzusammenstellung ergibt:

100 Theile lufttrockene Substanz enthalten:	Mais			Gerste		
	nicht ausgelaugt	ausgelaugt		nicht ausgelaugt	ausgelaugt	
	Procent der lufttr. Substanz	Proc. der lufttr. Substanz	Procent, berechnet auf die ursprüngl. lufttr. Substanz	Procent der lufttr. Substanz	Proc. der lufttr. Substanz	Procent, berechnet auf die ursprüngl. lufttr. Substanz
Phosphorsäure . . .	0·57	0·31	0·22	0·92	0·62	0·46
Kali	0·41	0·05	0·035	0·61	0·07	0·052
Magnesia	0·19	0·10	0·05	0·21	0·14	0·104
Kalk	0·01	0·09	0·063	0·05	0·12	0·089

Eine wichtige Aufgabe der Samentesta und Fruchthüllen besteht nun darin, dass sie den osmotischen Austritt von Nährstoffen aus quellenden und keimenden Samen wenn nicht verhindern, doch wenigstens erschweren.

So betrug der Verlust an Trockensubstanz bei Erbsen und Haferkörnern, von welchen ein Theil der ersteren entschält,

eine gleiche Zahl der letzteren entspelzt wurde und welche durch 24 Stunden gleichzeitig eingequellt worden sind, bei

	A (nicht entspelzt und entschält)	B (entschält und entspelzt)
Erbsen	3·41%	6·47%
Hafer	2·68%	3·96%

Bei manchen Samen hat die Testa ausserdem noch die Aufgabe, die Nährstoffe des Sameninhaltes in einem anderen buchstäblichen Sinne zusammenzuhalten. Lässt man z. B. entschälte Sojabohnen anquellen, so zeigt sich, dass mit beginnender Bildung von Spalten und Rissen eine förmliche Zerbröcklung des Gewebes der Keimblätter eintritt. Es trübt sich gleichzeitig das Quellwasser und wird in Folge der Emulsion des aus den zerrissenen Zellen austretenden fetten Oeles fast milchig. Ein Isoliren der Zellen des Parenchyms der Keimblätter, etwa hervorgerufen durch die Löslichkeit der primären Zellmembranen im Wasser, findet nicht statt. Die Zellmembranen sind aber sehr zart, und so muss man diese Erscheinung auf Spannungsdifferenzen zurückführen, welche sich in Folge der beginnenden Quellung in den Cotylen einstellen und welchen die ausnehmend zarten Wandungen der Zellen nicht widerstehen können. Durch Kochen werden diese Zellmembranen resistenter und erfolgt bei solchen entschälten Bohnen das breiartige Zerfallen der Cotyledonen nicht. Aber auch in solchen Samen, deren Testa intact geblieben ist, kann die zerstörende Wirkung der Quellung an den Cotylen nicht eintreten, weil die Samenschale die Wasseraufnahme verlangsamt und weil der Gegendruck der Testa die eintretenden Gewebsspannungen unschädlich macht und die Zellen fest zusammenpresst, so dass ein Zerreissen und Platzen derselben unmöglich wird.

Mit dem Anquellen der Samen und Früchte ist auch eine beträchtliche Anschwellung verbunden; der Ausdruck Anquellung schliesst diesen Begriff bereits ein; wenn wir sagen, die Samen sind angequollen, so verstehen wir darunter nicht nur, dass sie feucht geworden sind, sondern auch, dass sie ihr Volumen ansehnlich vergrössert haben. Man kann sagen, dass die Samen im angequollenen Zustande ungefähr jenes Volumen wieder einnehmen, welches sie im unreifen, aber bereits vollkommen ausgebildeten Zustande hatten, in welchem die Unreife nur im beträchtlicheren Wassergehalt bestand.

Eine Ackerbohne mass in diesem Zustande in der

	Länge in Millimetern	Breite
frisch	38	25
nach 4 Tagen	30·5	21·0
„ 10 „	30·5	20·0
„ 35 „	30·0	20·0
„ 41 „	30·0	20·0

Hierauf im destillirten Wasser versenkt, mass dieselbe Bohne

nach 30 Stunden	36·5	25·0
„ 53 „ „	37·5	25·5
„ 4 Tagen	38·0	26·0

(Nobbe.)

Um aber das Volumen in so beträchtlicher Weise vermindern zu können, dass keine Faltenbildung der Testa eintritt, oder um eine so erhebliche Volumzunahme bei trockenen und hierauf eingequellten Samen ohne Zerreissung der Testa zu ermöglichen, muss die Testa natürlich eine grosse Dehnbarkeit und Elasticität besitzen. Wäre diese nicht vorhanden, dann würden die im Boden befindlichen Samen, die in Folge schwacher Regen zum Anquellen gelangen und dann wieder austrocknen, ohne zum Keimen gelangt zu sein, mit zerrissener und geplatzter Testa weit mehr Gefahren preisgegeben sein, als wenn dieselbe das Vermögen besitzt, sich auf das frühere Volumen wieder zusammenzuziehen.

Die Ausdehnung der gequellten Samen erfolgt mit einer unwiderstehlichen Gewalt, da bei denselben die molecularen Kräfte in Action treten, deren Wirkung immer eine ganz ausserordentliche ist. Werden deshalb thönerne Gefässe mit trockenen Samen gefüllt und letztere durch Benetzung mit Wasser zum Anquellen gebracht, so können sie durch die Gewalt der sich ausdehnenden Samen gesprengt werden.

Bemerkenswerth ist, dass die Volumzunahme der Samen in Folge der Wasseraufnahme eine grössere ist als die gleichzeitig stattfindende Gewichtszunahme, d. h. wenn eine bestimmte Gewichtsmenge von Samen 5% Wasser aufnimmt, so hat das Volumen oft beträchtlich mehr als mit 5% zugenommen.

Beim Kauf und Verkauf der Samen und Körnerfrüchte wird es natürlich nicht gleichgiltig sein, ob zur Zeit der Uebernahme der Samen oder Früchte der Wassergehalt ein höherer oder geringerer ist. Dennoch wird hievon in der Praxis des

Samenhandels überall Umgang genommen, obwohl Differenzen von 5, 10 und selbst mehr Procent an Feuchte vorkommen können. Bei werthvolleren Artikeln, z. B. Seide, ist es dagegen Gepflogenheit, dass der Wassergehalt Einfluss auf die Bestimmung des Preises nimmt und eine Reduction des Preises vorgenommen wird, sobald der Feuchtigkeitsgehalt über einen bestimmten Procentsatz hinausgeht.

Nachdem nun durch den wechselnden Feuchtigkeitsgehalt der Samen und Früchte das Gewicht weniger beeinflusst wird als das Volumen, so ergibt sich als Regel für die Praxis des Samen- und Getreidehandels, dass der Verkauf nicht nach dem Hohlmasse, sondern nach dem Gewichte erfolge. Aus der umstehenden Tabelle (Seite 34) ersieht man den Einfluss der Benetzung einiger Samen und Früchte auf ihr Volumen und das Volumengewicht.

In praktischer Beziehung ist diese beträchtliche Volumzunahme um so bedeutungsvoller, als sie auch eintritt, wenn die Samen vermöge ihrer Hygroskopicität den Wasserdampf der Luft aufnehmen.

Aus vollkommen gesättigt feuchter Luft werden die Samen umsomehr Wasser aufzunehmen vermögen, je höher die Temperatur ist, je grösser die Temperaturschwankungen sind, woraus eben schon wahrscheinlich wird, dass die Hygroskopicität nicht eine besondere Eigenschaft der Samen ist, vermöge welcher sie den Wasserdampf der Luft zu condensiren vermögen, dass vielmehr die Ursache der Wasseraufnahme in den Wärmeschwankungen der Samen liegt. Indem diese bei Temperatur-Erniedrigungen der Umgebung Wärme ausstrahlen und sich mehr abkühlen als die sie umgebende feuchte Luft, schlägt sich auf denselben der Wasserdunst in Form eines sehr feinen Thaues nieder, was natürlich ihren Wassergehalt erhöht.

Um eine Vorstellung über die Grösse der Wasseraufnahme aus feuchter Luft für unsere Getreidefrüchte zu geben, mögen die Resultate eines Versuchs hier Platz finden, bei welchem bestimmte Gewichtsmengen lufttrockener Samen in einem sehr feuchten Raume aufbewahrt und in bestimmten Zeitabständen wieder gewogen worden sind, wobei aus der Gewichtszunahme die procentische Steigerung des Wassergehaltes berechnet werden konnte (Seite 35).

Wassergehalt in Procenten	Weizen		Roggen		Gerste		Hafer		Mais		Raps		Luzerne	
	Volum in Procenten	Gewicht einer Masseinheit in Procenten	Volum in Procenten	Gewicht in Procenten	Volum in Procenten	Gewicht in Procenten	Volum in Procenten	Gewicht in Procenten	Volum in Procenten	Gewicht in Procenten	Volum in Procenten	Gewicht in Procenten	Volum in Procenten	Gewicht in Procenten
Getrocknet bei 100° C.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Lufttrocken (8—12% Feuchtigkeit) . .	107·9	99·9	109·5	100·2	110·5	98·5	105·7	104·0	107·1	101·3	102·2	103·2	102·7	103·3
Mit weiteren 5% Wasser	121·06	93·6	128 6	89·6	116·7	98·2	111·4	103·7	113·1	100·7	108·7	101·9	113·5	98·1
„ „ 10% „	136·8	86·8	142·8	84·5	122·9	97·7	120·0	100·8	123·8	96·4	117 0	99·2	124·3	93·8
„ „ 15% „	147·4	84·2	154·8	81·5	131·2	95·7	128·6	98·4	130·9	95·3	128·2	94·6	135·7	90·3
„ „ 20% „	155·26	83·5	161·9	81·3	139·6	93·8	135·7	97·2	138·1	94·3	137·0	92·4	145·9	87·2
„ „ 25% „	159·5	84·6	166·7	82·3	144·7	94·3	142·7	96·4	146·4	92·6	143·5	91·9	154·1	86·0
„ „ 30% „	163·2	86·0	171·4	83·2	150·0	94·6	148·6	96·2	155·9	90·5	150·2	91·4	162·1	85·4

	Wasserzunahme in Procenten nach Tagen						
	1	3	7	11	21	31	41
Weizen	2·96	9·08	16·05	17·47	21·03	21·30	16·87
Roggen	4·22	10·67	16·32	18·45	22·21	18·35	1·77
Gerste	2·21	7·65	14·44	15·86	19·42	22·15	16·96
Hafer	2·64	7·49	12·77	14·16	15·09	16·48	14·60
Mais	1·49	6·41	10·74	11·22	14·70	15·50	13·34
Rispenhirse . . .	2·51	5·10	8·64	9·70	9·67	12·02	10·29
Mohar	3·35	6·37	9·12	10·40	11·69	13·69	8·59
Moorhirse	2·59	7·19	10·75	11·99	14·70	15·50	13·34

Wenn die Frage gestellt wird, ob Samen in gesättigter feuchter Luft so viel Wasser aufnehmen können als sie zum Keimen brauchen, so ist dies bedingt zu bejahen.

Wenn sie nämlich häufigeren Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, und diese sich oft und stärker wiederholen, wird auch die Wasseraufnahme eine stärkere sein und selbst zum Keimen ausreichen. Die verschiedenen Samen nehmen in einem gesättigt feuchten Raume, der stärkere Temperaturschwankungen erfährt, 30 bis 100% Wasser auf.

Wäre der Aufbewahrungsraum keinerlei Temperaturschwankungen ausgesetzt, so würde auch kein Keimen erfolgen können.

Sind die Schwankungen sehr geringe, so steigert sich die Wasseraufnahme sehr allmälig, indessen dann die Samen verschimmeln und zu Grunde gehen.

Bei dem Umstande, als die oberen Bodenschichten sehr häufigen und grellen Temperaturwechseln ausgesetzt sind, ist es wahrscheinlich, dass die Condensation und Aufnahme des in der Bodenluft enthaltenen Wasserdampfes den Feuchtigkeitsgehalt der Samen zu vermehren und die Keimung der letzteren zu befördern vermöge.

Bei der Besprechung der Bedeutung des Einflusses der Samenhülle auf den Quellungsprocess darf auch die „Quellungs-Unfähigkeit" mancher Samen nicht übergangen werden. Es ist den Landwirthen eine schon längst bekannte Thatsache, dass der Same des Rothklees häufig zu ganz beträchtlichen Procent-Antheilen quellungsunfähig ist. Auch bei anderen Schmetterlingsblüthlern, bei *Melilotus, Medicago, Lupinus,* bei *Vicia-* und *Ceratonia*-Arten ist diese Erscheinung oft beobachtet worden, welche auch bei den Cannaceen und Malvaceen, deren Samen

gleichfalls mit einer mächtigen Pallisadenschicht versehen sind, häufig genug auftritt. Ihre Ursache liegt immer in der Beschaffenheit der Testa, speciell der Pallisadenschicht. Verletzt man diese, indem man z. B. ein Stückchen der Testa wegschneidet oder dieselbe auch nur an einer Stelle mit einer feinen Nadel ansticht, so erfolgt in kurzer Zeit das Anquellen des Samens. Man nimmt an, dass die Wandungen der Pallisadenzellen bei den quellungsunfähigen Samen eine eigenthümliche Modification eingegangen sind, die sich chemisch durch die Gelbfärbung mit Schwefelsäure und Jod und physikalisch durch die grosse Härte und Festigkeit, sowie durch den Widerstand kennzeichnet, den sie dem Eindringen von Wasser entgegensetzt.

Man fand ferner, dass die quellungsunfähigen Samen von *Lupinus perennis, Medicago sativa, Trifolium prat.* u. s. w. absolut leichter, doch specifisch schwerer und daher kleiner sind als die leicht quellungsfähigen.

Es scheint, dass diese Eigenschaft der Quellungsunfähigkeit mit dem Alter zunimmt; ebenso dass dieselben Samen, die von verschiedenen Böden in verschiedenen Jahrgängen geerntet worden sind, in sehr verschiedenem Grade diese Eigenschaft besitzen.

Mit der grösseren specifischen Schwere solcher Samen hängt ohne Zweifel auch der grössere Aschengehalt der Testa, namentlich an Kieselsäure, zusammen.

So betrug der Aschen- und Kieselsäuregehalt in Procenten bei *Lupinus perennis:*

	Aschengehalt	davon Kieselsäure	
		löslich	unlöslich
Leicht quellbar	2·998	1·414	3·553
Schwer quellbar	3·601	2·910	5·830

(Höhnel.)

Dass keine wachsartige Schicht die Ursache der Unquellbarkeit ist, erkennt man aus Versuchen, nach welchen durch's Kochen solcher nicht quellungsfähigen Samen in Aether nichts extrahirt werden konnte.

Man darf sich nicht vorstellen, als wenn es nur leicht quellbare und schwer quellbare Samen in irgend einer Samenprobe gäbe, vielmehr gibt es zahlreiche Uebergänge, und wird der Effect derselben eben darin bestehen, dass die Zeit, in

welcher das Keimen eintritt, selbst dann, wenn die günstigsten Keimungsbedingungen andauernd gegeben sein sollten, eine sehr ungleiche ist. Sehr schön ergibt sich dies aus einem Versuch, welchen Nobbe mit je 400 Samen zweier Sorten von *Robinia Pseudacacia*-Samen vornahm, einem Versuch, der fast drei Jahre dauerte. Es keimten nämlich von Sorte *A* und *B*:

	1874				1875			1876				
bis zum	10.	29.	152.	260.	341.	462.	605.	769.	853.	1012.		
	Tage										Zus.	Proc.
A . . .	71	27	20	8	10	5	3	1	3	2	150	37·5
B . .	117	26	24	8	2	10	4	2	5	3	201	50

Verfault waren bis zum 1012. Tage von *A* 33, von *B* 35 Procent.

Aehnliche Resultate erhielt Nobbe für eine grosse Zahl verschiedener Unkrautsamen, woraus er folgert, dass die Eigenschaft der Nichtquellungsfähigkeit eine viel allgemeiner verbreitete Erscheinung ist, als man bisher vermuthete.

Einerseits ist die Erscheinung der Quellungsunfähigkeit der Samen für den Haushalt der Natur von hohem Werth, andererseits für den Haushalt des Menschen mit ökonomischen Nachtheilen verbunden.

In ersterer Beziehung ist Folgendes zu bemerken: Samen werden ihre Keimfähigkeit um so eher einbüssen, je leichter ihr Inneres der Einwirkung der Luft ausgesetzt ist, je mehr der Keim Schwankungen bezüglich seines Feuchtigkeitsgehaltes erfährt. Samen, welche quellungsunfähig, d. h. richtiger sehr schwer und langsam quellungsfähig sind, müssen offenbar gegenüber den beiden Factoren Luft und Wasser, welche die Keimfähigkeit der Samen beeinträchtigen, eine grössere Widerstandsfähigkeit besitzen, werden also ihre Keimfähigkeit auch länger bewahren. Man kann diesen Satz auch leicht experimentell beweisen, wobei man irgend eine beliebige Samenprobe einer solchen Pflanzenart verwenden kann, die bekanntermassen eine grössere Zahl nicht quellungsfähiger Samen besitzt. Man lässt die Probe einquellen. Man prüft dann hundert Samen, die schon am ersten Tage gequollen sind, auf ihre Keimfähigkeit und etwa hundert von solchen, die noch nach 8 oder 14 Tagen keine Quellungserscheinung gezeigt haben, indem sie oben angeschnitten und nun der

Quellung überlassen werden. In jedem Fall wird die Keimfähigkeit der ersten 100 Samen eine geringere sein, als die der letzteren, und wird das Ergebniss um so auffälliger sich gestalten, je ältere Samen man zu dem Versuch verwendet hat.

Die bessere Erhaltung der Keimfähigkeit ist aber nicht der einzige Vortheil, welchen die Natur mit nicht oder schwer quellungsfähigen Samen erreicht, vielmehr wird auch der Umstand in's Gewicht fallen, dass von solchen Samen, die von einem Jahrgang stammen, in vielen aufeinander folgenden Vegetationsperioden einzelne Keimpflanzen zur Entwicklung gelangen werden, was auf die natürliche Zuchtwahl nur von günstigem Einflusse sein kann. Das ihr zu Gebote stehende Material ist ein viel mannigfaltigeres und der Erfolg demnach gesicherter. Auch die Kreuzung, welche nach Darwin's neuesten Publicationen eine so grosse Bedeutung für die Nachkommen hat, wird einen unschätzbaren Vortheil daraus ziehen, wenn in demselben Jahrgang Pflanzen zur Blüthe gelangen, welche von Eltern verschiedener Jahrgänge abstammen. Durch die Quellungsunfähigkeit wird endlich mancher Embryo vielleicht durch Jahrhunderte dem Kampf um's Dasein entrückt, und ihm so über Zeiträume hinweggeholfen, die möglicherweise der Erhaltung der Species sehr ungünstig waren. (G. Haberlandt.)

Sonach kann man sagen, dass die Eigenthümlichkeit mancher Samen, nur sehr schwer zu quellen, eine sehr wichtige Einrichtung der Natur ist, dahin gerichtet, die Erhaltung der Pflanzenarten zu begünstigen.

Dass dagegen diese Eigenschaft für die ökonomische Benutzung der Samen nicht erwünscht und selbst mit Nachtheilen verbunden ist, kann leicht eingesehen werden. Weniger allerdings dann, wenn die Samen für technische Zwecke Verwendung finden sollen, in empfindlicher Weise aber bei der Verwendung der Samen als Saatgut. Es wird dann eben vorkommen, dass, weil viele der ausgesäeten Samen nicht rechtzeitig oder auch gar nicht keimen, ein grösseres Quantum an Samen bei der Saat verbraucht wird, was eben mit einem grösseren Geldaufwand verbunden ist. Dem könnte abgeholfen werden, wenn man die Samen in irgend einer Weise so behandelte, dass eine theilweise Verletzung ihrer Testa bewirkt würde.

Bei grossen Sämereien könnte dies geschehen, wenn man sie durch weit gestellte Mühlsteine laufen liesse, bei feineren Sämereien, wie bei Klee- und Luzerne-Samen, hilft ein Abreiben der Samen mit feinem, scharfem Sande, wobei die Samen an ihrer Oberfläche fein geritzt werden, was schon genügt, um sie leichter quellen und keimen zu machen.

2. Wärme.

Was den Einfluss der Wärme auf den Keimungsprocess anbelangt, so darf man sich nicht etwa vorstellen, als wenn dieser physiologische Process an irgend eine bestimmte Temperatur gebunden wäre, vielmehr findet der Act der Keimung bei jeder Pflanzenart innerhalb ziemlich weiter Grenzen statt, die nach unten zwischen o bis $+ 15^0$ C., nach oben nur zwischen 34 bis 40^0 C. schwanken. Als eine Regel ist deshalb anzusehen, dass bezüglich der unteren Grenze weit grössere Schwankungen als bezüglich der oberen Temperaturgrenze stattfinden. Thatsache ist ferner, dass die Keimung umsomehr verzögert wird, je mehr sich die Temperatur der oberen oder unteren Grenze nähert und dass es für jede Samenart einen Temperaturgrad gibt, bei welchem die Keimung am günstigsten und raschesten verläuft. Die untere Temperaturgrenze, bei welcher überhaupt noch ein Keimen eintritt, ist das Minimum, die obere, bei welcher ein Keimen noch möglich ist, das Maximum der Keimungs-Temperatur. Die für das Keimen günstigste Temperatur ist das Optimum, bezüglich dessen schon hier bemerkt werden kann, dass es kein Mittel zwischen Minimum und Maximum vorstellt, sondern dem Maximum weit näher als dem Minimum liegt. Versuche, welche ich bereits in den Wintern 1859/60 und 1861/62 durchgeführt habe, sollten den Einfluss der Mitteltemperaturen des März, April, Mai und Juni auf die Keimungsdauer der verschiedensten Sämereien und zugleich die Temperatur-Minima nachweisen, bei welchen überhaupt noch ein Keimen erfolgt. Zur Durchführung der Versuche dienten verschiedene Localitäten; Eiskeller, gewöhnliche Keller, ebenerdige ungeheizte oder an geheizte Zimmer angrenzende Räume, deren Temperatur durch viele Wochen hindurch ganz gleichförmig erhalten werden konnte.

Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Namen der Pflanzen:	Die Keimung erfolgte mit dem ersten Sichtbarwerden der Würzelchen in Tagen bei			
	3·5° R. 4·38° C.	8·2° R. 10·25° C.	12·6° R. 15·75° C.	15·2° R. 19° C.
Winter-Weizen	6	3	2	1·75
Sommer-Weizen	6	4	2	1·75
Winter-Roggen	4	2·5	1	1
Sommer-Roggen	4·5	2	1·5	1
Winter-Gerste	6	3	2	1·75
Sommer-Gerste	6	3	2	1·75
Sommer-Rispenhafer	7	3·75	2·75	2
Mais	—	11·25	3·25	3
Gemeine Moorhirse	—	11·5	4·75	4
Zuckermoorhirse	—	25	7·25	6
Rispenhirse	—	13·25	3·25	3
Mohar	24	7·5	2·75	2
Englisches Raygras	10	5·5	3·75	3
Französisches Raygras	9	7·5	4·5	3
Lieschgras	—	6·5	3·25	3
Gemeiner Hauslauch	10	5·75	3·5	2·75
Gemeiner Spinat	9	5·75	3·25	3·25
Zuckerrübe	22	9	3·75	3·75
Buchweizen	8	4·5	3·5	3
Gemeiner Hanf	3	2	1	1
Sonnenblume	—	25	3	2
Paradiesapfel	—	—	6	3·25
Tabak	—	—	9	6·25
Raps	6	2	1	1
Stoppelrüben	8	4	2	1·75
Weisser Senf	2	1·5	1	0·75
Gartenkresse	9·5	3	2·75	2·25
Leindotter	4	2	1·5	1
Mohn	10	4·75	2·5	2
Lein	8	4·5	2	2
Kümmel	—	16·5	6·5	5·25
Möhre	—	6·75	4·25	3·25
Kürbis	—	—	10·75	4
Gurke	—	—	12	4·5
Melone	—	—	15	17
Bibernelle	—	9 5	5	4
Rothklee	7·5	3	1·75	1
Luzerne	6	3·75	2·75	2
Hopfenluzerne	10	7·5	4	3·5
Esparsette	—	7·25	3·5	3
Gemeine Kicher	9	5·5	3·5	2·25
Gemeine Platterbse	7	3·5	2·75	2·25
Saubohne	7	6·5	4·75	4·25
Futterwicke	6	5	2	2
Weisse Wolfsbohne	5	3·25	2·75	2·5
Linse	6	4	2	1·75
Erbse	5	3	1·75	1·75
Fisole	—	3	3	2·75

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung:

1. Dass Winter-Weizen, Winter-Roggen, Gerste und Hafer, französisches und englisches Raygras, Lieschgras, Raps, Stoppelrüben, Senf, Leindotter, Gartenkresse, Lein, Mohn, Hanf, Spinat, Möhren, Zuckerrüben, Rothklee, Erbsen, Linsen, Wicken, Luzerne, Hopfenluzerne, Lupine und Ackerbohne mit ihrem Minimum der Keimungstemperatur noch unter $+ 4{\cdot}38^0$ C. herabgehen;

2. dass für Mais, Hirse, Mohar, Moorhirse, Zuckermoorhirse, Kümmel, Sonnenblumen, Fisolen und die Esparsette dieses Minimum zwischen der mittleren März- und April-Temperatur, also zwischen $4{\cdot}38^0$ C. und $10{\cdot}25^0$ C. liegt;

3. endlich für Tabak-, Gurken- und Kürbis-Samen und Melonen zwischen $10{\cdot}25^0$ C. und $15{\cdot}75^0$ C. gelegen ist.

Auch erkennt man auf den ersten Blick, wie bei Einwirkung der niedrigen Temperaturen die Zeitdauer, binnen welcher das Keimen erfolgt, immer länger, mit der steigenden Wärme aber sehr beträchtlich abgekürzt wird. So benöthigen beispielsweise die Zuckerrübensamen bei $9{\cdot}38^0$ C. volle 22 Tage, bei $15{\cdot}75^0$ C. kamen sie schon in $3^3/_4$ Tagen zur Keimung.

Auch lässt sich aus den angegebenen Zahlen unschwer folgern, dass niedrige Temperaturen, combinirt mit einer grösseren Anzahl von Tagen, nicht die gleiche Wirkung hervorzubringen vermögen, wie höhere Wärme, wenn sie gleich eine verhältnissmässig kürzere Zeit eingewirkt hat; mit anderen Worten: Vergleichen wir die Producte, welche wir durch Multiplication der Keimungstemperaturen mit der Zahl der zum Keimen erforderlich gewesenen Tage erhalten, unter einander, so differiren sie umsomehr, eine je höhere Temperatur der Samen zum Keimen erfordert.

So keimte Raps bei . . .	$4{\cdot}38^0$	C. in	6	Tagen	6	× $4{\cdot}38$	= $26{\cdot}28^0$	C.
	$10{\cdot}25^0$	„ „	2	„	2	× $10{\cdot}25$	= $20{\cdot}5^0$	„
	$15{\cdot}75^0$	„ „	1	Tage	1	× $15{\cdot}75$	= $15{\cdot}75^0$	„
Zuckermoorhirse keimte bei	$10{\cdot}25^0$	„ „	25	Tagen	25	× $10{\cdot}25$	= $256{\cdot}25^0$	„
	19^0	„ „	6	„	6	× 19	= $114{\cdot}0^0$	„
Rothklee keimte bei . .	$4{\cdot}38^0$	„ „	7·5	„	7·5	× $4{\cdot}38$	= $32{\cdot}85^0$	„
	19^0	„ „	1	Tage	1	× 19	= 19^0	„

Nachdem Uloth gefunden hatte, dass sich zwischen den Eisstücken eines Eiskellers vollständige Keimpflanzen aus den

Samen des Spitzahorns und aus Weizenkörnern entwickeln konnten, und auch Prof. Kerner für die meisten Alpenpflanzensamen constatirte, dass ihre Keimung schon bei $+2^0$ C. möglich wird, nahm ich im Winter 1874/75 zur genaueren Ermittlung der unteren Temperaturgrenze für jene Sämereien, welche bei den Versuchen im Jahre 1860/61 und 1861/62 bei der mittleren März-Temperatur noch zur Keimung gelangt waren, einen neuen Versuch vor. Dieser wurde in einem Eiskasten vorgenommen, dessen Doppelwände, mit Eis und Schnee gefüllt, den Innenraum constant auf einer Temperatur zwischen 0^0 und 1^0 C. erhielten. Die Samen wurden zwischen mit Eiswasser befeuchteten Flanellfleckchen im Innenraum zum Keimen ausgelegt und wurden die Samen von 14 zu 14 Tagen in einem Raume untersucht, in welchem die Temperatur unter 0^0 herabgesunken war. Der Versuch dauerte von Mitte November 1874 bis Mitte März 1875, also durch volle vier Monate.

Die Ergebnisse waren folgende:

1. Gar nicht zum Keimen gelangte: der Weizen, die Gerste, der Hafer, das französische und englische Raygras, der gemeine und der tartarische Buchweizen, die Runkelrübe, der Raps und der Rübsen, die Stoppelrübe, der Mohn, der Lein, der Spörgel, der Weissklee, die Ackerbohne.

2. Ueber die ersten Stadien vermochten nicht hinauszukommen: der Roggen, der Hanf, die Wicke und die Erbse.

3. Dagegen zeigten ein fortdauerndes Wachsthum der Würzelchen: der Senf, der Leindotter, der Bastardklee, der Rothklee und die Luzerne. Die entschiedensten Fortschritte machten der weisse Senf, der Rothklee und die Luzerne.

Von 245 Senfsamen keimten	42,	durchschn.	Wurzellänge	7 Millim.
„ 305 Rothkleesamen keimten . .	29,	„	„	4 „
„ 361 Luzernesamen keimten . .	138,	„	„	7 „

Diese Resultate wurden noch durch andere Versuche ergänzt, welche die untere Temperaturgrenze für die Keimung der Samen einiger Culturpflanzen wärmerer Klimate ermitteln sollten. Diese Versuche wurden in einem Warmkasten durchgeführt, dessen Versuchsraum mittelst einer Petroleumlampe oder eines Gasbrenners auf einer beliebigen Temperatur erhalten werden konnte. Sie ergaben, dass die untere Grenze der Keimungs-Temperatur

für	*Sorghum saccharatum* . . .	zwischen	10	und	12^0 C. liegt
„	*Penicillaria spicata*	„	10	„	12^0 „ „
„	*Oryza sativa*	„	10	„	12^0 „ „
„	*Ricinus africanus*	„	12	„	15^0 „ „
„	*Gossypium herbaceum* . . .	„	10	„	12^0 „ „
„	*Böhmeria nivea*	„	10	„	12^0 „ „
„	*Chorchorus olitorius*	„	12	„	15^0 „ „
„	*Sesamum orientale*	„	10	„	12^0 „ „
„	*Cucumis Melo*	„	12	„	15^0 „ „
„	*Phaseolus Mungo*	„	8	„	10^0 „ „
„	*Cajanus bicolor*	„	10	„	12^0 „ „

Man sieht aus diesen Zahlen, dass die Schwankung dieser unteren Grenze der Keimungstemperatur keineswegs beträchtlich ist und ziemlich mit jener übereinstimmt, welche schon früher für Tabak-, Gurken-, Kürbis- und Melonensamen angegeben worden ist.

Auch zur Bestimmung der oberen Temperaturgrenzen für die Keimung bediente ich mich desselben Apparates. Der Versuch wurde auf fast alle bisher aufgezählte Sämereien ausgedehnt und der Innenraum des Apparates für die einzelnen Versuchsreihen auf 10^0, 15^0, 20^0, 25^0, 30^0, 35^0, 40^0 und 45^0 C. erwärmt.

Wir wollen die Ergebnisse in möglichst einfacher Weise übersichtlich zusammenstellen, indem wir für die einzelnen Sämereien nebst den oberen ermittelten Grenzen der Keimungs-Temperatur auch noch die Minima und Optima der Keimungs-Temperaturen anführen.[1])

	Minimum	Maximum	Optimum
	Grad Celsius		
Weizen	3—4·5	30—32	25
Roggen	1—2	30	25
Gerste	3—4·5	28—30	20
Hafer	4—5	30	25
Mais	8—10	40—44	32—35
Moorhirse	8—10	40	32—35
Reis	10—12	36—38	30—32
Französisches Raygras	3	32	28
Englisches Raygras	3—4	32	28
Lieschgras	3—4	30	26

[1]) Für die forstlichen Sämereien sind derartige Bestimmungen meines Wissens noch nicht geschehen. Tietz machte Angaben über einige Maxima, z. B. für *Acer platanoides* mit 26^0 (C. ?), für *Alnus glutinosa* mit 33^0, für *Pinus Larix* mit 34^0.

	Minimum	Maximum	Optimum
	Grad Celsius		
Raps	2—3	?	?
Weisser Senf	1	?	?
Leindotter	1	?	?
Lein	2—3	30	25
Mohn	3—4	32	26
Tabak	13—14	35	28
Chorchorus olitor.	13—15	40	34
Hanf	1—2	45	35
Gossypium herbac.	12	40	32
Kümmel	8—9	30	25
Möhre	4—5	30	25
Zuckerrübe	4—5	28—30	25
Sonnenblume	8—9	35	28
Rothklee	1	37	30
Luzerne	1	37	30
Fisolen	10	37	32
Cajanus bicolor	12	35—36	32
Erbsen	1—2	35	30
Mungobohnen	8	40	35
Linsen	4—5	36	30
Wicken	1—2	35	30
Hopfenluzerne	2—3	32—35	28
Lupine	4—5	37—38	28
Ackerbohne	3—4	30	25
Ricinus african.	14—15	35—36	31
Melonen	12—15	40	35
Gurken	12	40	35
Kürbis	12	40	33—34

Vor Allem lassen sich aus den zahlreichen, durch wiederholte Versuche möglichst genau erhobenen Daten nachstehende Folgerungen ableiten:

1. Die Grenzen für die untere Keimungstemperatur sind weit stärkeren Schwankungen unterworfen, als jene für die obere. Die untere schwankt zwischen 1 bis 14° C., die obere (mit wenig Ausnahmen) nur innerhalb 35 bis 40° C. Die ersteren wären noch grösser ausgefallen, wenn man Samen solcher Pflanzen mit zu den Keimungsversuchen verwendet hätte, welche gegenüber der Wärme die grössten Ansprüche machen, z. B. Kaffee- oder Cacaobohnen, Früchte vom Zuckerrohr, Samen der Palmen.

2. Die Differenz zwischen dem Minimum und Maximum der Keimungstemperatur ist um so grösser, eine je grössere Verbreitung die betreffende Samenart hat. Wir sehen dies beispiels-

weise bei dem Hanf. Die unterste Temperaturgrenze ist 1^0, die oberste 45^0 C., daher die Differenz 44^0 umfasst, während bei Ricinus diese Differenz 20 bis 21^0 beträgt. Dasselbe ist der Fall bei Rothkleè und Luzerne im Gegensatz zum Tabak, zur Melone u. s. w.

3. Durchaus sind die Minima der Keimungstemperaturen für unsere einheimisch gewordenen Culturpflanzen tiefer, als jene für die Samen wärmerer Klimate, was leicht zu begreifen ist. Dagegen ist zu bemerken, dass zwischen den Maximis der Temperaturen, welche unsere einheimischen Samen vertragen, und denen der Samen wärmerer Gegenden kein nennenswerther Unterschied auftritt.

4. Bemerkenswerth ist ferner, dass die Optima der Keimungs-Temperaturen den Maximis weit näher liegen, als wie den Temperatur-Minimis, bei welchen überhaupt noch Samen zu keimen vermögen. Um diese Thatsache vom physiologisch-biologischen Standpunkte zu erklären, müssen wir etwas weiter ausholen.

Im Allgemeinen wird gegen den Satz nichts eingewendet werden können, dass im Laufe unzähliger Pflanzengenerationen die keimenden Samen bezüglich ihrer Wärmeansprüche an die wechselnden Bodentemperaturen sich angepasst haben.

So lange die Temperatur der Erdoberfläche oder der obersten Bodenschichte, in welcher die keimenden Pflanzensamen ruhen, das betreffende Optimum der Keimungstemperatur nicht überschreitet, sind ihre Schwankungen dem Wachsthum der Keimlinge förderlich. Sobald aber die Bodentemperatur über dieses Optimum oder gar über das Maximum hinausgeht, was auf freiem Felde bei directer Insolation häufig genug der Fall ist, so macht sich eine Verzögerung, ja eine directe Schädigung des Wachsthums geltend. Je niedriger das Maximum liegt, welches ein Samen-Individuum vermöge seiner individuellen Organisation noch zu ertragen im Stande ist, desto grösser wird für dasselbe die Gefahr des früheren oder späteren Zugrundegehens. Derjenige Keimling, welcher durch solche Ueberschreitungen weniger leidet, hat mehr Aussicht auf eine gedeihliche Fortentwicklung.

Aehnlich verhält es sich mit dem Minimum der Keimungs-Temperatur. Wenn die Temperaturen des Bodens unter dasselbe sinken, so wirken sie zwar nicht direct schädlich, aber sie

sistiren den Keimungsvorgang, der Keimling verspätet sich, und dies Zurückbleiben im Wachsthum bewirkt wahrscheinlich, dass er den Kampf um's Dasein schwieriger besteht. Je weniger oft die Bodentemperatur unter das Minimum der Keimungs-Temperatur hinabgeht, oder je niedriger dieses Minimum rücksichtlich der unteren Bodentemperaturen gelegen ist, desto besser für den keimenden Samen.

Wenn der keimende Same durch die vom Optimum der Keimungstemperatur nach oben und unten abweichenden Boden-Temperaturen in ganz gleicher Weise beeinflusst würde, so müsste die Optimaltemperatur mit der in der Keimungszeit herrschenden mittleren Bodentemperatur zusammenfallen. — Diese Voraussetzung ist aber unrichtig, und zwar deshalb, weil die Ueberschreitungen der Optimaltemperatur viel rascher eine Beeinträchtigung des Keimlings herbeiführen und demselben einen unheilbaren Schaden zufügen, als die Ueberschreitungen der Minimaltemperaturen nach unten, welche eben das Wachsthum nur aufhalten. Ich führe zwei diesbezügliche Beispiele an:

Mais keimt bei
- 20° R. innerhalb 56 Stunden
- 25° „ „ 48 „
- 30° „ „ 48 „
- 35° „ „ 80 „

oder: Kürbissame keimt bei
- 25° R. zu 100% in 48 Stunden
- 30° „ „ 100% „ 32 „
- 35° „ „ 50% „ 72 „

Je seltener daher die Bodentemperaturen nach oben zu excessiv werden, desto mehr darf sich das Optimum vom Maximum entfernen; je häufiger die Wärme-Excesse aber sind, desto näher rückt das Optimum dem Maximum, damit eben die Ueberschreitungen des letzteren möglichst vermieden werden. Bei den Samen der Culturpflanzen wärmerer Klimate ist diese Annäherung eine sehr auffällige. So liegt das Optimum der Keimungstemperatur von *Sesamum orientale* bei circa 35° C., das Maximum bei circa 42°, Differenz = 7° C. Bei der Gerste liegt das Optimum bei 20° C., das Maximum bei 34°, Differenz = 14° C. Pflanzen, welche auf freien, sonnigen Standorten wachsen, werden jedenfalls in die Lage kommen, sich den Bodentemperaturen in der besprochenen Weise accomodiren zu müssen, wogegen bei allen Schatten-, Sumpf- und Wasserpflanzen die Nöthigung zur Accomodation für eine obere Temperaturgrenze fehlt.

Vorstehende Auseinandersetzungen sind einer grösseren Abhandlung meines Sohnes G. Haberlandt über die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze entnommen.

5. Wenn wir als gewiss annehmen können, dass vor undenklich langen Zeiträumen die Temperaturen verschiedener Breiten weniger von einander differirten, als dies gegenwärtig der Fall ist, so kann auch nicht bezweifelt werden, dass sich die Pflanzenwelt dieser zunehmenden Temperatur-Differenzirung allmälig anbequemen musste; der erste Schritt war aber die Erweiterung der unteren Temperaturgrenze für die Keimung der Samen. Von diesem Gesichtspunkte aus scheint es sehr wahrscheinlich zu sein, das jene Samen derselben Pflanzenart, welche bei einer niedrigeren Temperatur zu keimen vermögen, im Gegensatze zu jenen Samen, welche dies nicht vermögen, Pflanzen liefern werden, welche zu ihrer vollständigen Entwicklung eine geringere Wärmesumme benöthigen als wie die der letzteren, und dass man somit bei einer künstlichen Aussaat in kalten Räumen über ein Mittel verfügen könnte, das die Gewinnung früh reifender oder wenig Wärme bedürfender Spielarten ermöglichte. Ohne Zweifel dürften solche Pflanzen auch gegen die nachtheilige Wirkung niedriger Temperaturen gesicherter sein, und somit in der Entstehung frühreifender Spielarten auf diesem Wege auch noch ein weiterer Vortheil erreicht werden können.

3. Atmosphärische Luft.

Ohne Zutritt der atmosphärischen Luft ist kein Keimen möglich. Werden Samen in's Wasser versenkt, das nicht erneuert wird, so keimen nur die etwa obenauf schwimmenden Samen. Ebenso findet bei Samen der Wasserpflanzen kein Keimen statt, wenn sie in ausgekochtes Wasser gebracht werden; ebensowenig, wenn die Oberfläche des Wassers durch eine Oelschicht von der atmosphärischen Luft abgeschlossen wird. Auch dann wird kein Keimen erfolgen, wenn sie in einem sauerstofffreien Gase, in Stickgas oder Kohlensäure, oder in einem sehr beschränkten Raum sich eingeschlossen befinden sollten, weshalb es nie gelingt, angequellte und in eine Glasröhre eingeschmolzene Samen zum weiteren Keimen zu bringen.

Wenn aber Samen in einem fliessenden Wasser sich befinden, so erfolgt namentlich dann, wenn die Samen von einer nicht

sehr hohen Wasserschicht bedeckt sind, ein sehr lebhaftes Keimen und Wachsthum; das gleiche Ergebniss tritt auch dann ein, wenn in das Wasser, in welchem sich die Samen befinden, Luft eingeleitet wird. Aus diesem letzteren Umstande ersieht man, dass es eigentlich der Sauerstoff der Luft ist, der die erste Anregung zum Beginne der Keimung gibt und einen entsprechenden Fortgang derselben bedingt.

Eine kleine Menge von Sauerstoff enthält ohnehin jedes Samenkorn oder jede Frucht schon in seinen luftführenden Räumen. Je lockerer das Gewebe des Samens beschaffen und je geringer das specifische Gewicht desselben, umsomehr Luft schliesst derselbe auch ein; darnach können die Lufträume im Samenkorne 7 bis 50% seines Volumens betragen. Bei weichem Weizen, dessen Querschnitt ein mehliger ist, sind die luftführenden Räume weit zahlreicher wie bei den hornigen Weizenspielarten, in welchen die Zellen des Endosperms vom Stärkemehl und den Proteïnkörpern in der Regel ganz ausgefüllt sind.

Es ist nun möglich, dass der in der Samenluft enthaltene Sauerstoff bei manchen Samen die erste Anregung zum Beginn der Keimung geben muss und dass die Keimung wesentlich verzögert oder ganz unmöglich gemacht wird, wenn die Samen in's Wasser versenkt und unter der Luftpumpe luftleer gemacht werden. Bei der Mehrzahl der Sämereien hat allerdings eine derartige Behandlung keinen weiteren Einfluss, bei einigen wenigen aber ist doch die Wirkung sehr auffällig.

Man ersieht dies aus folgendem Versuch, bei welchem man die verwendeten Samen unter der Luftpumpe unter Wasser ihrer Luft beraubte und mit Wasser injicirte.

	Von 100 Samen keimten		Mittlere Keimzeit in Tagen	
	luftleer	normal	luftleer	normal
Gemeiner Hafer bespelzt . .	0	100	—	4·2
„ „ entspelzt .	0	72	—	4·4
Flughafer bespelzt	0	76	—	4·0
„ entspelzt	0	16	—	4·5
Runkelrüben	8	72	4·2	3·1
Fisolen	78	100	5·3	6·4
Roggen	77	68	2·5	3·0

Diese Ergebnisse wiederholten sich bei anderen Versuchen in ähnlicher Weise, daher sie als zweifellose angesehen werden können. Bei anderen Samen und Früchten hat zwar der

Procentsatz der Keimfähigkeit keine Beeinflussung erfahren, dafür wurde aber die Keimzeit merkbar verlängert. So beim Weizen, der Rispenhirse, dem englischen Raygras, Hanf, Buchweizen, Raps, Leindotter und Rothklee; bei anderen trat, wie beim Roggen, umgekehrt eine Beschleunigung der Keimung auf, so bei der bespelzten Gerste, der Möhre, der Sonnenblume.

Wenn es nun keinen Zweifel erleidet, dass der Sauerstoff der Luft beim Keimen eine sehr wichtige Rolle spielt, so wäre doch andererseits die Annahme eine irrige, als müsse eine reichlichere Sauerstoffmenge eine vortheilhafte Wirkung auf den Keimungsact ausüben, vielmehr muss derselbe immer in einer gewissen Verdünnung einwirken.

Es beweisen dies Keimungsversuche, welche Böhm ausführte. Er liess Ackerbohnen im Dunkeln in reinem Sauerstoff keimen, und zwar in einem Apparate, in welchem die erzeugte Kohlensäure stets durch Kalilauge absorbirt wurde. Die Keimlinge zeigten bald ein deutlich kränkliches Aussehen, auch trat eine beträchtliche Verzögerung der Keimung ein. An die freie Luft gebracht, gingen die Keimlinge entweder ganz zu Grunde oder büssten doch ihre Endknospen und Spitzen der Hauptwurzeln ein, für welche sich dann als Ersatz zahlreiche Nebenwurzeln und neue Blattknospen aus den Achseln der Cotyledonen entwickeln mussten.

Aehnliche Versuche ergaben, dass bei *Zea Mais, Ervum lens, Pisum sativum* die Entwicklung der Embryonen nicht über die ersten Stadien der Wurzel- und Stengelbildung hinauskam. Die Keime von *Lepidium sativum, Linum usitatissimum, Helianthus annuus* blieben durchschnittlich kleiner als die in freier Luft gezogenen, brachten es aber doch zu einer etwas weiteren Entwicklung als die erstgenannten. Bei *Triticum vulg., Secale cer., Hordeum vulg.* und *Avena sat.* erreichten die Blätter eine grössere Länge als bei normalen Pflanzen, hatten aber ein gelbes kränkliches Aussehen.

Samen von *Phaseolus multiflorus* in ein Gasgemisch von 90% Sauerstoff und 10% Stickstoff gebracht, entwickelten sich zwar etwas weiter als in reinem Sauerstoff, aber nicht viel. In die atmosphärische Luft gebracht, gingen sie zum Theil in Fäulniss über.

Keimlinge von *Vicia faba*, welche in einem Luftgemisch von 20 bis 23% Sauerstoff und 77 bis 80% Wasserstoff keimten, entwickelten sich ganz so, wie solche, die in gewöhnlicher atmosphärischer Luft sich ausbildeten.

Bei anderen Versuchen, die in der Weise angestellt wurden, dass den Keimlingen reiner Sauerstoff, aber nur mit dem Partialdruck des Sauerstoffs der Atmosphäre dargeboten wurde, zeigte sich, dass Keimlinge von *Phaseolus*, *Pisum*, *Ervum*, *Zea* sich ebenso kräftig entwickelten, wie die in freier Luft gezogenen.

Damit im Zusammenhange steht auch, dass eine Keimung unter erhöhtem Luftdruck bei 2 bis 6 Atmosphären wesentlich verlangsamt oder auch ganz verhindert wird. Aber auch im luftverdünnten Raum wird das Keimen erschwert und verzögert. Das Minimum des Luftdruckes, bei dem überhaupt noch eine Keimung möglich ist, entspricht beispielsweise für die Kresse 12, für die Gerste 6 Centimeter Quecksilberdruck.

Die ökonomisch-technisch wichtige Frage, wie tief die Saatkörner der verschiedenen Culturpflanzen nach Massgabe der Bodenbeschaffenheit am zweckmässigsten unterzubringen sind, steht zu ihrem Sauerstoffverbrauch während der Keimungsperiode unzweifelhaft in einer gewissen Beziehung. Wenn Samen in eine zu grosse Tiefe gelangen, oder wenn sich auf manchen Böden in Folge starker Platzregen eine feste Kruste auf der Oberfläche des Bodens gebildet hat, muss diese durch die Egge, Walze, den Krustenstachler, Schollenbrecher u. dgl. nicht nur deshalb gebrochen werden, damit die mechanischen Widerstände beseitigt werden, welche das Emporwachsen der Keimpflänzchen verhindern, sondern auch deshalb, damit die Samen von der Wirkung der atmosphärischen Luft nicht abgeschlossen bleiben. Uebrigens wird diese Frage über die zweckmässige Tiefe der Unterbringung der Samen an einem anderen Orte, und zwar im Theile über den Anbau ausführlich behandelt werden.

Obgleich die Actionen des Sauerstoffs im Samenkorn sehr complicirte sein mögen, da sie sich auf sämmtliche Reservestoffe, die stickstofffreien sowohl wie die stickstoffhaltigen, beziehen, so mag es doch genügen, hier nur daran zu erinnern, dass die sauerstoffarmen Verbindungen der Samen in sauerstoffreichere übergeführt werden und dass die Oxydation theilweise

bis zur vollständigen Verbrennung eines Theiles des Samen-Inhaltes fortgesetzt wird. Offenbar kann eine solche Oxydation nicht ohne eine beträchtlichere Wärme-Entwicklung vor sich gehen, wodurch die Erwärmung der Keimlinge, welche auch noch durch andere Ursachen bewirkt werden dürfte, nur noch eine weitere Steigerung erfährt.

So haben Déherain und Landrin nachgewiesen, dass die Samen schon beim Beginn der Keimung (vor der Kohlensäure-Entwicklung) die Gase, wie poröse Körper, absorbiren. Es müsse sich hiebei um eine ähnliche Verdichtung handeln, wie bei derjenigen von Wasserstoff durch poröses Platin, denn man könne den Samen das Gas durch die Luftpumpe nicht entziehen. Bei dieser Verdichtung müsse natürlich eine Wärme-Entwicklung stattfinden; so lange die Samen trocken sind, seien sie für die Aufnahme von Gas wenig geeignet, werden sie aber durchfeuchtet, so dringe das Gas in die Gewebe und verdichte sich darin unter Wärme-Entwicklung, welche die energische Oxydation des Samen-Inhaltes befördert und so zum Beginn des Wachsthums beiträgt.

Auf eine andere Wärmequelle keimender Samen hat Wiesner aufmerksam gemacht; bei der Quellung derselben kommt eine beträchtliche Verdichtung des Wassers in den geformten Kohlehydraten, namentlich in den Stärkekörnern zu Stande, hiebei muss aber nothwendigerweise Wärme frei werden.

Etwas Anderes ist es, wenn künstlich getrocknete Samen in einen mit Wasserdämpfen gesättigten feuchten Raum gebracht werden und sich auch hier in den Samen schon nach sehr kurzer Zeit eine merkbare Temperatur-Erhöhung einstellt. Diese ist in diesem Falle die Folge der Condensation des Wasserdampfes in den vollständig trockenen Samen.

Von den drei genannten Wärmequellen, welche die Temperatur der keimenden Samen erhöhen, ist diejenige, welche durch die Oxydation der Reservestoffe des Samens sich ergibt, jedenfalls die ausgiebigste. Allerdings ist dieselbe für den einzelnen Samen nicht leicht nachweisbar, sie ist aber um so auffälliger, wenn viele Samen, im gequellten Zustande in grösseren Haufen zusammengehalten, gleichzeitig zu keimen beginnen. Da summirt sich die von jedem einzelnen Samenkorne entwickelte Wärme

so beträchtlich, dass die Temperatur-Differenz des Samenhaufens und der umgebenden Luft 10 bis 20 und mehr Grade C. betragen kann. Beim Malzen der Gerste in den Malzfabriken und in den Brauereien darf deshalb die keimende Gerste nur in einer dünnen Schicht ausgebreitet werden; auch muss, damit die Erwärmung eine in allen Körnern durchschnittlich gleichmässige sei, für ein oftmaliges Umschaufeln und Vermischen der Haufen Sorge getragen werden.

Dem Verbrennungsprocess im keimenden Samen entspricht aber nicht nur eine Erwärmung, sondern auch eine Abgabe von Kohlensäure, und zwar ist diese eine sehr bedeutende und entspricht ihr auch ein leicht nachweisbarer Substanzverlust des Samens. So hat man für keimende Erbsen einen Verlust an Kohlenstoff in Form von Kohlensäure bis 8·8% berechnet, für Gerste einen solchen von 18%, bei Haferkörnern beträgt er 12·5%. Sonach erleiden die Samenkörner einen doppelten Gewichtsverlust beim Keimen, zunächst in Folge exosmotischer Vorgänge bei der Quellung und sodann in Folge der oxydirenden Wirkung des Sauerstoffs.

Die chemische Veränderung, welche durch Einwirkung des Sauerstoffs in den stärkehaltigen Samen hervorgerufen wird, besteht nun hauptsächlich darin, dass der Stärkegehalt stetig abnimmt, dafür aber der Gehalt der Samen und Keimlinge an Glycose, Zucker und Cellulose stetig zunimmt. Eine solche Veränderung kann aber nur dadurch bewirkt worden sein, dass mit fortschreitender Keimung immer neue Mengen von Stärkemehl in Dextrin und Zucker sich umwandeln. Ohne Zweifel spielen hiebei auch die Proteïnkörper eine wesentliche Rolle, sie erfahren gleichfalls eine Umwandlung, und ist es unter diesen Umwandlungsproducten insbesondere die Diastase, welche gleich einem Fermente auf jene Umwandlung der Stärke einen wichtigen Einfluss nimmt. Aber auch der Oelgehalt der Samen erfährt eine solche Metamorphose. In den Keimblättern und dem Endosperm vieler Samen findet sich keine Spur von Stärkemehl vor, sie enthalten nur Oel und Proteïnkörner. Aber bald nach dem Beginn der Keimung tritt in allen ölhaltenden Zellen eine grosse Menge von Stärke auf. Sie fehlt nicht, wenn auch die Samen im völligen Dunkel keimen, sie tritt auch auf, wenn man Samen zwar im Lichte, aber in vollständig kohlensäurefreier

Atmosphäre keimen lässt. Diese Stärke kann also in keiner Weise mit dem Chlorophyll und der Kohlensäure der Atmosphäre in Verbindung gebracht werden; sie kann kein Assimilationsproduct der Keim- oder Primordialblätter, vielmehr in allen Fällen nur ein Umwandlungsproduct des in den Samen enthaltenen fetten Oeles sein, welches durch Aufnahme von Sauerstoff zu einem Kohlehydrat oxydirt wurde. Sehr schön erhellt dies aus Untersuchungen, welche Peters über die Umwandlung der Stoffe im keimenden Kürbis-Samen vornahm. Bekanntlich ist der Hauptreservestoff in demselben fettes Oel; dasselbe findet sich in den zwei Keimblättern abgelagert, da das Endosperm fehlt.

Dr. Peters untersuchte die Kürbis-Samen in vier verschiedenen Perioden:

a) Im ruhenden Zustand vor der Keimung;

b) nachdem die Hauptwurzel erst eine Länge von 2 bis 4 Centimeter erreicht hatte und noch keine Nebenwurzeln gebildet waren;

c) als die ersten 5 bis 6 Nebenwurzeln 2 bis 3 Centimeter lang geworden waren und die Cotyledonen anfingen sich grün zu färben;

d) als die Keimblätter im ausgebreiteten Zustande schon eine beträchtliche Grösse erreicht hatten und völlig ergrünt waren und auch bereits die ersten Primordialblätter sich zu entfalten begannen.

Die Resultate waren nachstehende, wobei zu bemerken ist, dass für jede einzelne der chemisch-analytischen Bestimmungen je 1000 Samen oder Keimlinge verwendet worden sind.

Bestandtheile	Ruhender Keim	Keimpflanzen		
		1. Periode	2. Periode	3. Periode
	Gramme			
Oel	136·65	103·51	56·43	12·98
Zucker	Spur	3·81	9·48	12·98
Gummi	Spur	2·56	3·55	6·13
Stärke	0	8·89	17·50	6·63
Cellulose	8·34	9·33	12·23	21·20
Eiweissstoffe	110·07	109·60	98·33	94·62
Asche	14·08	14·14	14 57	18·08
Unbestimmtes (Extractivstoffe, Pectin, Bitterstoffe)	6·86	22·96	33·01	43·48

Man ersieht aus dieser sehr interessanten Zusammenstellung, dass der Oelgehalt fortwährend abnimmt; schon in der dritten Periode sind nur mehr 9·5% von der ursprünglichen Fettmenge der Samen in den Keimlingen vorhanden.

Der Zuckergehalt nimmt fortwährend zu, weil er in den letzteren drei Perioden schneller gebildet als verbraucht wird.

Die Stärke nimmt in den Keimlingen bis zur zweiten Periode zu, wo sie dann zur Cellulosebildung verbraucht wird, die sich gerade in den letzten Perioden stark geltend macht.

Der Verlust von Eiweissstoffen erklärt sich durch den Verlust, welcher an feineren Wurzelverzweigungen beim Reinigen derselben eingetreten ist.

Der Aschengehalt hat zugenommen, weil die Sägespäne, in welchen das Keimen vor sich gegangen ist, Salze abgegeben haben.

Die unbestimmten Stoffe sind Uebergangsproducte zwischen Oel und Zucker, die sich weder darstellen noch bestimmen lassen, weil sie weder die Charaktere des Fettes, noch jene des Zuckers besitzen.

Addiren wir die Bestandtheile des ruhenden Keimes, so besitzen dieselben ein Gewicht von 276 Gramm, während solche bei den Keimlingen der dritten Periode nur mehr ein Gewicht von 216·1 Gramm haben, wobei also in Folge der Verbrennung ein Substanzverlust von 21·7% stattgefunden hat.

Vergleichen wir nun mit der Keimung ölhaltiger Samen die Keimung der Erbse, welche ohne Zwischenbildung von Zucker erfolgt. Ausser im ruhenden Zustande wurden die Keimlinge auch in zwei Entwicklungsstadien auf ihre näheren Bestandtheile und auf ihren Aschengehalt untersucht. Im ersten Stadium, das nach 114 Stunden eintrat, waren die Würzelchen noch zwischen den Keimblättern eingeschlossen; beim zweiten, d. i. nach 184 Stunden, entfalteten sich bereits die Primordialblätter und begann die Entwicklung der Wurzeln zweiter Ordnung.

Die chemische Analyse ergab, dass je 1000 Gewichtstheile der bei 100° C. getrockneten Substanz folgende Bestandtheile enthielten:

	Ruhezustand	Erste Keimungsperiode	Zweite Keimungsperiode
Fett	22·7	22·4	20·3
Dextrin	65·0	50·3	54·1
Zucker	0	0	0
Stärke	421·1	377·8	330·0
Cellulose	71·3	78·7	81·0
Unbestimmbares	137·6	153·6	157·4
Eiweissstoffe	238·4	238·4	237·1
Asche	40·8	40·8	40·8
Verlust	—	34·9	76·2

Der Verlust durch Verbrennung betrug nur 3·5 bis 7·6%, weil die Untersuchung in Keimungsstadien unternommen wurde, welche noch nicht weit genug vorgeschritten waren.

Was die Bedeutung der Eiweissstoffe beim Keimen und ihre Metamorphosen anbelangt, so ist bereits darauf hingewiesen worden, dass aus den Proteïnkörpern beim Keimen eigenthümlich modificirte Verbindungen entstehen, welche gleich Fermenten wirken, und von welchen die Diastase am bekanntesten geworden ist. Alle diese Vorgänge sind noch in ein geheimnissvolles Dunkel gehüllt, nur die Umwandlung, welche das Legumin der Papilionaceen erfährt, ist durch Pfeffer's Untersuchungen näher aufgehellt worden. Nach diesen übernimmt das Asparagin, welches aus dem Legumin beim Keimen entsteht, eine analoge Aufgabe, wie die Glycose, welche aus dem Stärkemehl keimender Samen hervorgeht. Die Stärke kann als solche von einer Zelle zur anderen nicht wandern, sondern muss erst in Glycose übergeführt werden; genau dasselbe Verhältniss wiederholt sich auch beim Legumin, das als Asparagin in der Pflanze wandert. Daher stimmt auch bei der Keimung der Papilionaceen das Auftreten und die Vertheilung des Asparagins mit dem Vorkommen der Glycose überein. Beide Körper bilden sich zunächst in der Wurzel und dem hypocotylen Gliede, demnächst im Stiele der Samenlappen. Bei Papilionaceen, welche ihre Keimblätter entfalten, wie *Lupinus*, *Tetragonolobus*, *Medicago*, ist Asparagin stets auch in den Keimblättern anzutreffen, während es in den sich nicht entfaltenden Cotyledonen hypogaeischen Charakters von *Vicia sativa, Pisum sativum* stets fehlt.

So wie Asparagin aus den Eiweisskörpern entsteht, so wandelt sich auch das Asparagin wieder zu Eiweisskörpern

um. In dem ruhenden Samen ist ziemlich aller Stickstoff in Form von Proteïnkörpern enthalten und aus denselben muss das beim Keimen in ansehnlicher Quantität gebildete Asparagin hervorgehen. Sobald das Asparagin verschwindet, ist wiederum ausser den Eiweissstoffen kein anderer stickstoffhaltiger Körper in der Pflanze in bemerkenswerther Menge vorhanden. Der absolute Stickstoffgehalt aber bleibt beim Keimen der Samen in einem stickstofffreien Medium unverändert.

Nachdem Legumin mehr Kohlen- und Wasserstoff als Asparagin, letzteres aber mehr Sauerstoff in seiner Verbindung besitzt, so wird bei der Umwandlung des Legumins in Asparagin Kohlenstoff und Wasserstoff disponibel und entweder durch Aufnahme von Sauerstoff zu Kohlensäure und Wasser verbrannt, oder in stickstofffreie Pflanzenstoffe umgebildet; umgekehrt muss zur Wiedererzeugung von Proteïnstoffen aus Asparagin Kohlen- und Wasserstoff in die Verbindung aufgenommen werden, und zwar voraussichtlich aus einem stickstofffreien Pflanzenstoff. Für diese Wiedererzeugung der Proteïnstoffe aus Asparagin ist nun das Licht von Bedeutung. Bei den im Dunkeln wachsenden Keimpflanzen findet bekanntlich keine Neubildung organischer Substanz statt, es werden vielmehr grössere Mengen stickstofffreier Stoffe durch Athmung verbraucht. Bei der unter Abschluss des Lichtes erfolgenden Keimung wird daher das zur Regeneration der Proteïnstoffe nothwendige kohlenstoffhaltige Material fehlen und deshalb sind die im Dunkeln keimenden Pflanzen auch noch bei ihrem Absterben reich an Asparagin. Die im Licht wachsenden Pflanzen dagegen assimiliren in ihren chlorophyllhaltigen Zellen Kohlensäure und Wasser, die producirte organische Substanz liefert das Material zur Regeneration der Proteïnstoffe, und deshalb verschwindet in ihnen das Asparagin nach einiger Zeit.

Asparagin findet man übrigens nicht blos in Keimlingen der Papilionaceen, sondern auch bei anderen Pflanzen, z. B. bei *Zea Mais,* bei *Tropaeolum, Silybum* u. a.

Die Menge an Asparagin, welche v. Cotta in Wickenkeimlingen und Wickenpflanzen nachwies, variirte zwischen 0·7 bis 1·6% der frischen Pflanzenmasse.

4. Anderweitige Einflüsse: Boden, Licht, Elektricität.

Manche rechnen zu den bisher aufgezählten Keimungsbedingungen noch einen je nach Beschaffenheit der Samen gehörig gelockerten und vorbereiteten Boden, in welchem sich die zarten Würzelchen zu verbreiten und Nahrung aufzunehmen vermögen. Diese Annahme ist eine irrige, denn in der That keimen die Samen, wenn nur die ersten drei Bedingungen erfüllt sind, unter allen Umständen, mögen sie auf einer undurchdringlichen Glas- oder Metallplatte, auf Stein, oberflächlich auf der Erde liegen oder in dieselbe versenkt sein. Haben die Pflänzchen das Keimungsstadium hinter sich, dann allerdings benöthigen sie einen Boden, d. h. ein Medium, in welchem sie einen festen Standort, Nahrung und Feuchtigkeit zugleich finden. In Wirklichkeit streut die Natur ihre Samen so aus, dass sie in der Regel nur oberflächlich auf die Erde zu liegen kommen. Trotzdem erfolgt ihre Keimung. Freilich ist mit solcher Aussaat eine beträchtliche Verschwendung an Saatgut verbunden und kann es vorkommen, dass von Tausenden ausgesäeter Samen nur einige wenige Keimpflanzen sich entwickeln und zu einer vollständigen Ausbildung gelangen. Denn unter solchen Umständen sind ja die Samen dem wiederholten Feuchtwerden und der Austrocknung, den grellen Temperaturschwankungen, den Angriffen aller körnerfressenden Thiere im höchsten Grade ausgesetzt. Wenn daher der Landwirth seine Samen behufs ihrer Keimung unter die Erde bringt, führt er diese Operation nicht deshalb aus, weil der Boden eine Bedingung für die Keimung der Samen ist, sondern im Interesse der Oekonomie, welche mit dem geringsten Aufwande die höchsten Erfolge zu erzielen sucht.

Auch das Licht ist nicht allgemein als eine Keimungsbedingung anzusprechen. Bei manchen Samen scheint es bei der Keimung allerdings interveniren zu müssen. So hat Peyritsch nachgewiesen, dass die Samen von *Viscum album* nur dann keimen, wenn sie beleuchtet werden; ebenso kommt dies nach Beobachtungen Kerner's auch bei vielen Alpenpflanzen vor. Für die Samen unserer Culturpflanzen ist aber kein einziger Fall bekannt, in welchem das Licht einen keimungsfördernden oder die Keimung hemmenden Einfluss ausüben

würde. Dass letzteres bei den Samen, welche seitens wildwachsender Pflanzen ausgestreut werden, nicht der Fall ist, ergibt sich schon aus dem Umstande, als diese Samen meist oberflächlich auf der Erde liegen bleiben; auch der Landwirth bedeckt seine Saaten nicht deshalb, weil etwa das Licht den Keimlingen schadet, sondern deshalb, weil sie, oberflächlich auf dem Felde liegend, die erforderliche Wassermenge nicht aufzunehmen vermöchten.

Auch der elektrische oder galvanische Strom zeigt keinen merklichen Einfluss auf den Verlauf des Keimens; eine zu starke Einwirkung kann aber die Keimfähigkeit der Samen wohl gänzlich aufheben. Es liegen übrigens hierüber gar keine neueren exacten Versuche vor; jene älteren, die von Ingenhouss ausgeführt worden sind, ergaben durchaus negative Resultate.

Erwähnenswerth ist eine vielfach unter den praktischen Landwirthen verbreitete Ansicht, nach welcher das am Abend gesäete und erst am anderen Morgen untergebrachte Getreide vortrefflicher keime, als das sogleich bedeckte, und dass man diese Erscheinung, welche freilich als eine sehr fragliche, überhaupt gar nicht beweisbare angesehen werden muss, „der dem Thau und den atmosphärischen Wasserdämpfen beigemischten Elektricität" zuschreibt.

ZWEITER ABSCHNITT.

Reife und Alter des Samens.

1. Die Reife.

Wir müssen hier, um einem Missverständnisse vorzubeugen, wohl unterscheiden: Handelt es sich nur um die Beantwortung der Frage, ob auch nicht ganz ausgereifte Samenkörner zu keimen vermögen, so wird die Antwort ganz anders lauten, als wenn wir die Frage so stellen, ob, wenn auch nicht völlig reife Samen zu keimen vermögen, nicht doch dem Landwirth der Rath ertheilt werden sollte, nur reife zur Aussaat zu verwenden. Die erste Frage ist rein physiologischer Natur, die letztere hat eine hervorragend praktische Bedeutung.

Mit Bezug auf die erste Frage steht es nach den Versuchen zahlreicher Forscher ausser Zweifel, so nach Beobachtungen Dutrochet's, Göppert's, Cohn's und Anderer, dass die Keimfähigkeit der Reife voraneile. Ganz entschieden hat dies Nowacki auch für das Getreide nachgewiesen, indem er gefunden hat, dass die Körner aller Reifestadien von der frühen „Milchreife" an bis zur totalen „Todtreife" keimfähig sind. Er fügt nur hinzu, dass die in der Milchreife geernteten, sofort im frischen Zustande aus den Spelzen genommenen Körner im Vergleich zu den nachgereiften Körnern desselben Erntestadiums mit minderer Sicherheit keimen.

Ob nothreif gewordene Samen, d. i. grün geschnittene und dann am geschnittenen Stengel oder Halm nachgereifte Samen oder Körner aber zum Anbau Verwendung finden sollen, ist eine andere Frage, und ist dieselbe entschieden zu verneinen. Zum Theil wurden hierüber in früherer Zeit und selbst noch gegenwärtig andere Ansichten geäussert, z. B. von Bonnet, der die vollkommeneren Samen zur menschlichen Nahrung und Benutzung, die unvollkommenen und nothreifen aber zur Saat gebraucht wissen will. Auch Rosenberg-Lipinsky erklärt sich auf das bestimmteste gegen die Anwendung der grössten Körner und empfiehlt als Saatgut — auf Grund vieljähriger Versuche und Erfahrungen — grünreif geschnittenes Getreide. Allein wenn irgendwo der Spruch „wie die Saat, so die Ernte" Anwendung findet, so gilt dies bei der Aussaat des Pflanzenbauers.

Wenn bis zur völligen Reife überhaupt noch ein Wachsthum der Körner eintritt, so würde jede frühere Ernte unvollkommenere Körner ernten lassen, abgesehen von der weitaus geringeren Dauer ihrer Keimfähigkeit; solche würden aber auch, wenn sie zu keimen vermögen, stets eine geringere Ernte zur Folge haben.

2. Das Alter.

Das Alter kann offenbar nur insoferne in der Beschaffenheit des ruhenden Embryo Schwankungen erzeugen, als durch die Temperatur-Aenderungen und Feuchtigkeitsschwankungen, welche im Laufe der Jahreszeiten einander folgen, sowohl die Zellmembranen wie die Inhaltsstoffe der Zellen, und zwar der

Embryonen wie des Endosperms, Veränderungen erfahren, welche wohl zumeist bei den Eiweissstoffen beginnen mögen und sich allmälig auch auf die stickstofffreien Bestandtheile, insbesondere die fetten Oele, erstrecken. Wenn ältere Samen trockener werden, so hat die Verminderung ihres Feuchtigkeitsgehaltes in der Regel auf die Verminderung der Keimfähigkeit keinen Einfluss. Dies ist nur bei den Samen vieler Wasserpflanzen der Fall, welche, sobald sie austrocknen, auch ihre Keimfähigkeit verloren haben, desgleichen bei Samen der Weiden und Pappeln, welche nur dann keimen, wenn sie alsbald nach ihrem Abfliegen auf feuchten Boden gelangen, während sie bei völliger Austrocknung, wie sie bei einer längeren Aufbewahrung eintritt, ihre Keimfähigkeit sicher verlieren.

Ein Umstand, der von wesentlichem Einflusse auf eine verkürzte Dauer der Keimfähigkeit unserer Cultursämereien ist, liegt darin, dass zur Zeit der Ernte dieselben oft noch einen höheren Wassergehalt besitzen, dass sie mit dem Geströhe im unausgedroschenen Zustande oft in grossen Massen zusammengehäuft werden, wobei eine Erwärmung der Miethen, Tristen u. s. w. eintritt, welche die Keimfähigkeit entschieden beeinträchtigt. Oft sind die Samen und Früchte auch dann noch, wenn sie bereits zum Ausdrusch gelangten, feuchter als es wünschenswerth ist; bei ihrer Aufbewahrung werden sie dann oft in grösseren Haufen und höheren Schichten zusammengethan, was eine wiederholte Erwärmung und Schädigung der Keimkraft zur Folge hat. So kommt es, dass im Grossen und Ganzen die landwirthschaftlichen Sämereien, welche in ungeheizten offenen Schüttkästen aufbewahrt werden, schon in verhältnissmässig kurzer Zeit ihre Keimfähigkeit verlieren und dass die Landwirthe auch heute wie vor Tausenden von Jahren es sich zur Regel machen, stets Saatgut von der letztjährigen Ernte zu verwenden. Bei den werthvolleren Samen vieler Gartenpflanzen, die in geringeren Mengen gewonnen werden, wird schon bei der Ernte und beim Ausdrusch grössere Sorgfalt angewendet, da erfolgt auch die Aufbewahrung in durchschnittlich trockeneren Localitäten, da erhalten viele ihre Keimfähigkeit in weit höherem Grade, wodurch eben die Regel der Gärtner, mehrjährigen Samen den Vorzug vor einjährigen einzuräumen, möglich geworden ist.

Mit diesen Voraussetzungen stimmten die Resultate, welche ich bei einer grossen Reihe von Keimungsversuchen mit den verschiedenen Getreidearten, die auf der Wiener Weltausstellung gesammelt worden sind, gewonnen hatte, sehr gut überein. Diese Getreideproben rührten wohl meist vom Jahrgang 1872 her, wurden im Herbste 1873 auf der Ausstellung gesammelt und der Prüfung auf ihre Keimfähigkeit im Jahre 1876 unterworfen, hatten also ein wahrscheinliches Alter von vier Jahren. Es zeigte sich nun, dass die Getreideproben aus südlichen Ländern, z. B. Griechenland, der Türkei, aus Italien, Spanien, Egypten, Algier, die Keimfähigkeit weit besser erhalten hatten, als die Proben aus dem mittleren Europa, aus den nördlichen Provinzen Oesterreichs, aus Deutschland, Russland, und dass diese wieder hinsichtlich ihrer Keimkraft jenen aus den Ostseeprovinzen, Schweden und Norwegen überlegen waren. Es ergab sich ferner, dass bezüglich der Erhaltung der Keimfähigkeit der Mais am meisten begünstigt war, dann folgte Hafer; Weizen und Gerste standen etwas zurück, am frühesten beeinträchtigt wurde die Keimfähigkeit des Roggens. Es unterlag deshalb keinem Zweifel, dass in jenen Ländern, wo die Reife der Körnerfrüchte in trockeneren und heisseren Sommern eintritt, auch die Keimfähigkeit besser erhalten bleibt und dass demnach über die Dauer der Erhaltung derselben der Grad der Feuchtigkeit entscheidet, mit welchem dieselben, sei es in unausgedroschenem oder ausgedroschenem Zustande, in Miethen oder Schobern, in Scheuern oder in Fruchtspeichern zusammengehäuft werden. In je trockenerem Zustande dies geschah, um so länger wird die Keimfähigkeit andauern, und umgekehrt.

Ist in den ersten Monaten nach der Ernte bei der ersten Anhäufung der Getreidekörner ihre Austrocknung eine möglichst vollständige gewesen, so wird ein in späterer Zeit eintretender Wechsel im Feuchtigkeitsgehalte der Körner nur einen geringen Einfluss auf ihre Keimfähigkeit nehmen können. In den Hallen der Weltausstellung war die Luft zu Zeiten recht feucht, dennoch liess die Keimfähigkeit der dort lagernden Körner aus südlichen und zugleich sommertrockenen Ländern nach $3^1/_2$ Jahren nichts zu wünschen übrig.

Schon vor Jahren nahm ich an der landwirthschaftlichen Akademie Ungarisch-Altenburg einen Keimversuch mit ver-

schiedenen Getreidearten vor, zu welchen ich Proben, die von verschiedenen Jahrgängen stammten und in einem trockenen Sammlungssaale in offenen Gläsern gut aufbewahrt waren, verwendete. Das Ergebniss war folgendes:

		Alter der verwendeten Früchte				
		6 Jahre	4 Jahre	3 Jahre	2 Jahre	1 Jahr
Von 100 Körnern haben gekeimt:	Weizen . .	4	73	60	84	96
	Roggen .	—	—	—	48	100
	Gerste . .	—	48	33	92	89
	Hafer . .	48	72	32	80	96
	Mais . . .	56	—	77	100	97

In der Voraussetzung, dass eine vollständigere Austrocknung der Körnerfrüchte und ein hierauf vorgenommener luftdichter Abschluss derselben die Keimfähigkeit besser erhalten würde, habe ich durch 10 Jahre, von 1863 angefangen, jährlich kleine Proben von den Getreidearten in versiegelten Fläschchen aufbewahrt, wobei die eine Hälfte derselben im jeweiligen lufttrockenen Zustande zur Aufbewahrung gelangte, die andere Hälfte erst dann, nachdem sie in einem Trockenkasten bei einer allmälig von 50 bis 60° C. steigenden Temperatur durch 10 Stunden künstlich getrocknet worden war.

Im Jahre 1873 konnte hierauf der Keimungsversuch vorgenommen werden. Ich hatte nun Getreide von 10 verschiedenen Jahrgängen, ein- bis zehnjähriges; es musste, nachdem bei gewöhnlicher Aufbewahrung die Keimkraft der Getreidearten nach 8 bis 10 Jahren fast vollständig erlischt, der Effect der künstlichen Austrocknung und der luftdichten Aufbewahrung in unzweifelhafter Weise sich erkennen lassen. Die Ergebnisse sind in der beistehenden Uebersicht tabellarisch zusammengestellt:

Von 100 Körnern haben gekeimt	10jährig		9jährig		8jährig		7jährig		6jährig		5jährig		4jährig		3jährig		2jährig		1jährig	
	lufttrocken	künstl. getr.	lufttrocken	künstl. getr.	lufttrocken	künstl. getr.	lufttrocken	künstl. getr.	lufttrocken	künstl. getr.	lufttrocken	künstl. getr.	lufttrocken	künstl. getr.	lufttrocken	künstl. getr.	lufttrocken	künstl. getr.	lufttrocken	künstl. getr.
bei Weizen . . .	—	16	—	70	88	100	—	98	96	96	5	86	71	96	98	99	97	99	99	100
„ Roggen . . .	—	—	—	10	6	72	6	94	74	94	18	49	4	80	97	99	98	99	97	98
„ Gerste . . .	26	88	—	52	100	100	22	86	86	96	85	99	83	99	99	99	91	96	100	99
„ Hafer . . .	8	92	92	96	98	100	72	86	88	98	74	94	94	96	98	100	89	99	98	100
„ Mais . . .	—	84	?	?	60	100	89	100	99	99	40	98	?	?	98	97	100	100	98	99

Vor Allem muss bemerkt werden, dass sich bei dem Versuche verschiedene Fehlerquellen bemerkbar machten, welche eben die Resultate wesentlich beeinflussten und bei einer anderen Durchführung des Versuchsprogrammes hätten vermieden werden können. So wäre es besser gewesen, man hätte im Jahre 1863 aus der Ernte eines und desselben Jahrganges von jeder Getreideart je 10 Proben aufbewahrt und diese von Jahr zu Jahr auf ihre Keimfähigkeit untersucht. Hiebei wären alle Bedingungen gleichgeblieben und nur das Alter der zu untersuchenden Samen wäre ein verschiedenes gewesen. Im vorliegenden Falle aber war die Qualität der Körnersorten der verschiedenen Jahrgänge eine verschiedene, was jedenfalls Einfluss auf die theilweisen Unregelmässigkeiten der Versuchsresultate genommen hat.

Die Proben, welche künstlich getrocknet worden waren, mochten auch nicht den gleichen Feuchtigkeitsgehalt haben, denn sonst wäre es nicht möglich gewesen, dass der neunjährige Mais auch nach erfolgter künstlicher Trocknung und nach erfolgtem luftdichten Einschlusse gänzlich verschimmelte.

Die künstlich getrockneten Körner mochten etwa die Hälfte jenes Wassergehaltes gehabt haben, welchen die lufttrockenen Körner enthielten, wie dies folgende Trockensubstanzbestimmung zeigte. In den Jahren 1863 und 1865 z. B. hatten die lufttrockenen Körner und die künstlich getrockneten folgenden Wassergehalt:

	lufttrocken	künstlich getrocknet
Weizen	11·3—11·7	4·9—5·6
Roggen	11·0—11·6	4·7—5·5
Gerste	10·5—11·7	4·9—6·1
Hafer	10·9—12·6	4·8—5·7
Mais	8·5—10·1	3·9—5·3

Da der Verschluss kein vollkommen luftdichter war, hatte sich im Verlaufe der Zeit der Wassergehalt der künstlich getrockneten Proben wesentlich erhöht; die Differenz betrug, als nach 10 Jahren die Keimungsversuche vorgenommen wurden, nur mehr einige Procente oder war überhaupt zu Gunsten der getrockneten Körner eine solche Differenz gar nicht mehr vorhanden.

Nichtsdestoweniger ergibt sich aus dem Versuche, so unvollkommen derselbe auch ausgeführt worden sein mochte, mit aller Gewissheit:

1. Dass die künstlich getrockneten, in gut verschlossenen Fläschchen aufbewahrten Körner hinsichtlich der Erhaltung ihrer

Keimfähigkeit den lufttrocken aufbewahrten in ausserordentlicher Weise überlegen waren.

2. Es will dies umsomehr sagen, als auch die lufttrockenen Körner bei der in dem zehnjährigen Zeitraume stattgehabten Aufbewahrung, welche eine weit bessere war, als sie gewöhnlich vorkommt, ihre Keimfähigkeit in viel höherem Grade erhalten hatten, als es bei einer Aufbewahrung auf Speichern möglich gewesen wäre.

3. Auch bei diesen Versuchen gehen Hafer und Mais bezüglich der Erhaltung ihrer Keimfähigkeit allen übrigen voran, dann folgt Gerste und Weizen; Roggen erwies sich auch bei diesen Versuchen am empfindlichsten.

Zur Ergänzung füge ich hier hinzu, dass in den einzelnen Jahrgängen von 1863 bis 1873 auch noch Sämereien anderer landwirthschaftlicher Culturpflanzen im gewöhnlich lufttrockenen Zustande gleichfalls in versiegelten Fläschchen zur Aufbewahrung gelangt sind. Auch mit diesen hat man nach 12 Jahren gemeinschaftlich einen Keimungsversuch gemacht, wobei ich aber wegen des grossen Umfanges nicht die Resultate für die einzelnen Jahrgänge mitzutheilen beabsichtige, sondern nur die günstigsten Ergebnisse, die sich bei den einzelnen Samenarten herausstellten, anführen will. So keimten

von	Runkelrüben	nach	12	Jahren	noch 56%
„	Melonen	„	11	„	„ 93%
„	Paradiesäpfeln	„	11	„	„ 26%
„	Tabak	„	11	„	„ 30%
„	Rispenhirse	„	11	„	„ 23%
„	Luzerne	„	11	„	„ 34%
„	Fisolen	„	11	„	„ 26%
„	weissem Senf	„	11	„	„ 23%
„	Hanf	„	11	„	„ 15%
„	Lein	„	10	„	„ 18%
„	Sonnenblumen	„	9	„	„ 15%
„	Kürbis	„	9	„	„ 8%
„	Gurken	„	9	„	„ 34%
„	Raps	„	8	„	„ 3%
„	Möhren	„	8	„	„ 8%
„	Buchweizen	„	8	„	„ 6%
„	Hauslauch	„	6	„	„ 1%
„	Spinat	„	5	„	„ 0%
„	Gartensalat	„	5	„	„ 1%
„	Kümmel	„	5.	„	„ 0%

Ohne Zweifel wäre auch bei diesen Sämereien die Keimfähigkeit eine weit bessere gewesen, wenn man vor dem Einschlusse eine künstliche Austrocknung vorgenommen hätte.

Von Interesse sind einige Zahlen, welche Nobbe für die Abnahme der Keimfähigkeit einiger Sämereien innerhalb einiger Jahre bei guter Aufbewahrung ermittelt hat:

	Anfängliches Keimungs-Procent				Späteres Keimungs-Procent
Lein	72·3	Nach	4	Jahren	38·5
Spörgel	89·0	„	5	„	86
Rothklee	87·0	„	4	„	41
Weissklee	50	„	2	„	50
Erbse	100	„	3	„	88
Turnips	77	„	2	„	59
Senf	86	„	2	„	76
Roggen	100	„	5	„	26
Lieschgras	83	„	5	„	46
Honiggras	39	„	3	„	28
Fioringras	21	„	3	„	20
Wiesenschwingel	26	„	3	„	9
Schafschwingel	21	„	3	„	7
Rother Schwingel	23	„	3	„	6
Gemeine Kiefer	60	„	3	„	30

Die forstlichen Sämereien stehen der Mehrzahl nach bezüglich ihrer Keimkraftdauer in keinem guten Ruf. Von Eicheln und Bucheln gilt allgemein, dass sie sich nur bis zum nächsten Frühjahre lebensfähig erhalten, doch bleibt die Buchel nicht selten ein Jahr unter dem Laub vergraben ohne zu keimen und entwickelt sich erst im Frühjahre des zweiten Jahres. Diese Kurzlebigkeit gilt auch von den Samen des Ahorns und der Tanne. Von noch kürzerer Dauer ist die Keimfähigkeit der Samen der Ulme, Pappel, Weide. Diese müssen sofort in's Keimbett gelangen; der Weiden-Same bleibt gar nur 5 bis 6 Tage keimfähig, also nicht einmal so lange wie die ihrer kurzdauernden Keimfähigkeit wegen bekannte Kaffeebohne. Den Samen der Fichte und Kiefer schreibt man eine drei- bis fünfjährige Lebensdauer zu. Man nimmt an, dass einjähriger Kiefern-Same noch gut keimfähig sei, zweijähriger schon merklich nachlasse; dreijähriger wird nur ungern gesäet. Vom Fichten-Samen wird angenommen, dass er 1 bis 2 Jahre länger verwendet werden könne als Kiefern-Same, doch verbürgt auch hier frischer Same den besten Erfolg. Der Lärchen-Same soll sich 3 bis 4 Jahre lang keimfähig erhalten.

Wenn, wie wohl nicht bezweifelt werden kann, die Keimfähigkeit der landwirthschaftlichen Samen nur deshalb eine Verminderung und allmälige Vernichtung erfährt, weil sie den unaufhörlichen Einflüssen der Luft und der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, wenn diese schädlichen Einflüsse sich umsomehr geltend machen, von je stärkeren Temperaturschwankungen sie begleitet sind, so wird die Schlussfolgerung keine Anfechtung erfahren können, dass unter solchen Umständen, welche diese die Keimfähigkeit schädigenden Einflüsse auf ein Minimum reduciren, dieselbe durch Jahrhunderte, selbst Jahrtausende erhalten werden könnte. Würden Samen in den Wüsten Afrikas begraben, in einer Tiefe, wo sie den Schwankungen der Temperatur nicht mehr ausgesetzt wären und auch ihren Feuchtigkeitsgehalt niemals zu verändern vermöchten, so wären dies ohne Zweifel die allergünstigsten Bedingungen für die Erhaltung der Keimkraft.

Der sogenannte Mumienweizen, den man in Ober-Egypten in den Mumiengräbern und den Pyramiden aufgefunden hat, ist gleichfalls unter äusserst günstigen Bedingungen aufbewahrt gewesen, und liegt kein Grund vor, an der Möglichkeit zu zweifeln, dass ein solcher durch Jahrtausende seine Keimfähigkeit erhalten haben konnte. Allerdings ist es häufig vorgekommen, dass Reisende, welche solchem Mumienweizen nachspürten, von ihren Führern, die ihnen solchen zu theueren Preisen verkauften, getäuscht worden sind; allein es ist kein Grund vorhanden, anzunehmen, dass eine solche Täuschung in allen Fällen vorgekommen sei, wo englische oder deutsche Reisende in den Besitz solcher Mumienweizen-Proben gelangten.

Auch sonstige Thatsachen sind verzeichnet, welche die Möglichkeit einer sehr langen Dauer der Keimfähigkeit gut aufbewahrter Samenkörner verbürgen. In römischen Gräbern, die in Frankreich im Departement Dordogne aufgefunden worden sind, und deren Alter bis in die ersten Zeiten des Christenthums hinaufreicht, fand man Samen von Kornblumen, *Heliotropium vulgare* und *Trifolium minimum*. Ein Gärtner, dem sie übergeben worden waren, brachte sie zum Keimen und zur völligen Entwicklung.

In einem anderen Falle fand man in einem Gefässe, das aus den Zeiten der Gallier, vor der Eroberung Galliens durch

die Römer, stammte, Samen von *Mercurialis annua,* welche gleichfalls blühende Pflanzen lieferten.

Auch aus England berichtete man solch' alte Funde, die man in aufgedeckten, durch Zufall aufgefundenen Gräbern machte. In einem solchen, dessen Alter man auf 2000 Jahre schätzte, fand man im Magen-Inhalte eines mumificirten Leichnams eine Menge kleiner Samen, aus welchen Pflanzen gezogen wurden, die im zweiten Jahre Früchte trugen.

Auch in neuester Zeit wurde ein solcher Fall, der sich in Griechenland ereignete, vielfach besprochen. Bei Athen sind Silberminen aufgedeckt worden, welche seit mehreren Jahrtausenden verlassen waren. Mit dem alten Schutt, der aus der Tiefe heraufgeschafft worden ist, hat man auch die Samen einer Papaveracee heraufgeschafft, welche an der Oberfläche zur Keimung gelangten und eine ganz unbekannte Species des Hornmohns *(Glaucium)* lieferten.

Wir werden auf diese höchst wichtigen Thatsachen bezüglich der Einflüsse auf die Erhaltung der Keimfähigkeit oder ihre Vernichtung nochmals zurückzukommen haben, wenn es sich um die Beantwortung der Frage handeln wird, in welcher Weise die Samen am zweckmässigsten aufbewahrt werden können.

An diese Erörterungen knüpft sich nun die praktische Frage: Ist es für die Qualität und Quantität der Pflanzen-Producte von Bedeutung, ob sie von Pflanzen aus alten oder jungen Samen erzeugt werden?

Diese Frage ist eine schwer zu erledigende und von Seite sowohl der Landwirthe wie der Gärtner in sehr verschiedener Weise beantwortet worden. Auch sieht man bei einiger Ueberlegung leicht ein, dass die Durchführung exacter Versuche zur Entscheidung dieser Frage gar nicht möglich ist. Entweder müsste man nämlich bei solchen Versuchen Samenproben von verschiedenen Jahrgängen, sonach auch von verschiedener Keimfähigkeit, gleichzeitig zur Aussaat bringen, oder aber eine und dieselbe Samenprobe in mehreren aufeinander folgenden Jahrgängen anbauen. In beiden Fällen wird aber nicht nur der Factor der verschiedenen Keimungs-Energie der Samen zur Geltung gelangen, es werden sich vielmehr auch andere weit wirksamere Einflüsse geltend machen, welche den Effect des

zu prüfenden Factors ganz verdecken und aufheben können. Bei Samenproben, welche von verschiedenen Jahrgängen herrühren, sind auch andere Eigenschaften derselben, nicht nur ihr Alter, verschieden; wenn aber derselbe Same in verschiedenen Vegetationsjahren zum Anbau gelangt, so ist die Gunst oder Ungunst des jeweiligen Witterungsverlaufes für die Ernte entscheidend.

Wollte der Versuch bezüglich des Einflusses der Keimfähigkeit der Samen auf die nachfolgenden Ernten in möglichst exacter Weise durchgeführt werden, so müsste man eine und dieselbe Samenprobe in verschiedener Weise aufbewahren, so dass ihre Keimungs-Energie schon innerhalb einer kürzeren oder längeren Periode, in hohem, mittlerem und geringem Grade oder gar nicht geschwächt würde und hierauf mit solchen derart vorbereiteten Samen den Culturversuch unter vollkommen gleichen Bedingungen durchführen.

Derartige Versuche sind aber bisher noch nicht ausgeführt worden und daher die Unmöglichkeit, die obige Frage anders als vom Standpunkte einzelner Erfahrungen und Beobachtungen zu behandeln.

Die Landwirthe beobachten bei den Getreide-Arten als Regel, stets Saatgut von der letzten Ernte zu verwenden. Der Bestimmungsgrund hiefür ist aber offenbar der, weil mehrjähriges Getreide hinsichtlich seiner Keimfähigkeit immer schon etwas geschädigt ist. Nachdem die Qualität der Getreide-Arten, wie auch der übrigen Saatwaaren ohne Zweifel in verschiedenen Jahrgängen eine verschiedene sein wird, und ebensowenig ein Zweifel darüber bestehen kann, dass besseres Saatgut auch bessere Ernten erzielen lässt, so würde es eine ganz gute Massregel sein, wenn die Landwirthe den vorzüglichen Samen, den sie in einem günstigen Jahre geerntet haben, sich zur Saat für eine Reihe aufeinander folgender Jahrgänge aufheben würden. Diesen Rath zu befolgen, würde ganz unbedenklich sein, wenn nicht eben bei der gewöhnlichen Aufbewahrung die Keimfähigkeit älteren Saatgutes schon merkbar geschwächt würde. Dies gilt natürlich für den Gärtner in noch höherem Masse, der Samen von einer weit grösseren Zahl von Pflanzenspecies gewinnt, die durchaus nicht jährlich in gleicher Weise gerathen.

Ein einziger Fall ist bekannt, in dem Landwirthe einem älteren Samen in der Regel den Vorzug geben, d. i. der Lein-

Same. Ein solcher soll längere Stengel und einen feineren Bast liefern, als wenn frisches Saatgut zur Verwendung gelangt. Nach der Ansicht einiger Autoren liegt die Ursache in der Verminderung des Wassergehaltes solcher älterer Samen und könne ein gleicher Effect auch durch das künstliche Austrocknen frischen Leins erzielt werden. Nach Nobbe's Ansicht wäre auch diese Ansicht eine irrige und vorurtheilsvolle. Der höhere Werth älteren Lein-Samens bestünde nicht darin, dass er älter geworden sei, sondern sei darin begründet, dass inzwischen die schwächeren Embryonen der Samen zu Grunde gegangen sind und auch der Wassergehalt aller Samen ein gleichförmigerer geworden ist, wodurch eine grössere Gleichmässigkeit, wenn auch nicht eine grössere Geschwindigkeit des Keimungsprocesses bedingt werde.

DRITTER ABSCHNITT.

Einfluss der Temperatur- und Feuchtigkeits-Extreme, Beschädigungen und Beizmittel auf den Keimungsprocess.

1. Temperatur- und Feuchtigkeits-Extreme.

Berücksichtigen wir vorerst, wie sich die ganz trockenen sowie die angequollenen Samen gegenüber grösseren Kälte- und Hitzegraden verhalten. Da sind nun die ganz trockenen Samen zunächst der Kälte gegenüber ganz unempfindlich. Es zeigten dies Versuche, welche Göppert schon vor nahezu 50 Jahren ausführte; er brachte eine grosse Anzahl von Samen verschiedener Pflanzenarten in einen Kältemischungs-Apparat, in welchem er die Temperatur soweit erniedrigte, dass das Quecksilber gefror, ohne dass sie den geringsten Schaden genommen hätten. Der gleiche Erfolg zeigte sich, als er dieselben Samen, die vor Durchfeuchtung geschützt worden waren, der Kälte eines strengen Winters aussetzte, in welchem das Minimum -23^0 R. betrug.

Göppert stellte auch Versuche über die Einwirkung des Frostes auf quellende und keimende Samen an. Dabei wurden aber theils sehr niedrige Temperaturen in Anwendung gebracht (-11 bis 32^0 R.), wobei die Versuchsobjecte sammt und sonders

erfroren und zu Grunde gingen, oder es wurde auf das Alter der Keimlinge zu wenig Rücksicht genommen. So viel geht aber aus seinen Versuchen mit Sicherheit hervor, dass die Samen erst im imbibirten Zustande gegen den Einfluss des Frostes empfindlich werden.

Auch ich wiederholte solche Versuche im Jahre 1874, indem ich je 100 Samenkörner verschiedener Pflanzen, nachdem sie vorher durch 24 Stunden eingequellt worden waren, in einem Kältemischungs-Apparat einmal bei —10° C., das anderemal bei —24° C. gefrieren liess. Theils liess man sie hierauf schnell, theils langsam aufthauen, worauf sie mit einer Controlprobe von 100 Samen, die man nur quellen, aber nicht gefrieren liess, zum Keimen gelangten.

Von den 27 Samenarten, welche zu dem Versuche verwendet wurden, büssten beim Gefrieren bei —10° C. blos nackte Gerste, Fisole, Erbse, Linse und Luzerne ihre Keimfähigkeit gänzlich ein, bei —24° C. aber deren zehn, nämlich ausser den genannten noch Hafer, Leindotter, Pferdebohne, Platterbse und Kichererbse; überhaupt ging der Keimungsprocess nach der Einwirkung des strengeren Frostes viel langsamer von statten. Von den Getreide-Arten sind jene angequollenen Samenkörner am meisten dem Erfrieren ausgesetzt, welche beim Einweichen innerhalb 24 Stunden mehr Wasser aufzunehmen vermögen; ordnet man dieselben absteigend, so geht Roggen allen übrigen voran, dann folgt nackte Gerste, Hafer, Weizen, bespelzte Gerste, Mais, Moorhirse, Rispenhirse. Fast in gleicher Weise würde man sie auch nach ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber der Frostwirkung anzuordnen haben. Aehnliches gilt von den Samen der Hülsenfrüchtler. Samen, bei welchen der Oelgehalt vorwiegt, scheinen einen weit grösseren Kältegrad zu ertragen als solche, deren Samen Stärkemehl führen. Der Versuch wurde in zweifacher Weise durchgeführt, einmal in der Art, dass man die angequollenen und gefrorenen Samen rasch aufthauen, und zweitens in der Weise, dass man die Aufthauung sehr allmälig vor sich gehen liess. Im ersteren Falle war die Frostwirkung eine weit weniger ungünstige als im zweiten, was offenbar damit zusammenhängt, dass im letzteren Falle die Samen weit längere Zeit im gefrorenen Zustande beharrten.

Diese Versuche wurden ausschliesslich mit den Samen von Culturpflanzen angestellt. Gewiss sind diejenigen der wildwachsenden Pflanzen noch weit widerstandsfähiger. Die meisten unserer einjährigen Gewächse müssten sonst bei öfterer Wiederkehr strenger Winter nach und nach verschwinden, namentlich in Gegenden, wo der Boden ohne Schneedecke schutzlos dem strengsten Froste ausgesetzt ist.

So wie sich trockene Samen gegenüber grosser Kälte sehr widerstandsfähig erweisen, so sind sie es auch gegenüber höherer Wärme. Es ist diese Widerstandsfähigkeit um so grösser, je geringer der Wassergehalt der Samen ist und je langsamer die Erwärmung eingetreten. Schon vor mehr als 15 Jahren (1863) machte ich mit nicht weniger als 88 Pflanzenarten (durchaus Culturgewächse, 17 verschiedenen Familien angehörig) derartige Versuche, indem ich sie in Trocken-Apparaten einer innerhalb 48 Stunden allmälig steigenden Temperatur von 30, 45, 60, 70 und 80° R. aussetzte. Dabei hatte sich ergeben:

1. Dass eine so lang andauernde Einwirkung einer Temperatur von 30 bis 45° R. keinerlei schädigenden Einfluss auf die Keimfähigkeit der verwendeten Samenarten hatte.

2. Dass eine derartige Einwirkung von 60° R. (75° C.) gleichfalls keinen Einfluss weder als eine theilweise Vernichtung der Keimfähigkeit, noch als eine Verlangsamung der Keimung sämmtlicher landwirthschaftlicher Sämereien ausübte. Die Zeitdauer, binnen welcher die Samen keimten, nachdem sie bei 30, 45 und 60° R. getrocknet wurden, stimmt fast genau überein mit derjenigen, welche erforderlich war, um lufttrockene Samen derselben Proben zum Keimen zu bringen.

3. Bei einer Einwirkung von 70° R. (87·5° C.) erfolgte eine Vernichtung der Keimkraft bei der Zuckermelone, der Stangenbohne; theilweise wurden getödtet die Samen und Früchte der Bibernelle, des Mohns, der Möhre, des Kümmels; bei nur wenigen, so beim Gartensalat, der Petersilie, wird durch längere Einwirkung einer Temperatur von 70° R. das Keimen bedeutend verzögert.

4. Wirkt eine allmälig bis 80° R. heiss werdende Luft durch 48 Stunden auf Samen ein, so verlieren ihre Keimfähigkeit vollkommem: der Spargel, Porre, Spinat, Gartensalat, Sellerie, Anis, Zuckermelone, Erbse, Stangen- und Zwergbohne, die Feuer-

bohne; theilweise wird die Fähigkeit zu keimen aufgehoben bei dem Mais, dem Mohar, der Rispen- und Moorhirse, Krapp, Mohn, Leindotter, Fenchel, Kümmel, Dill, Möhre, Kürbis, Bibernelle und Rothklee.

Damit im Zusammenhange steht die Verlangsamung der Keimung, die besonders auffallend war bei der Sonnenblume, dem Krapp, dem Mohar und mehreren anderen.

Fast alle Getreide-Arten, Gräser, Kreuzblüthler, Schmetterlingsblüthler u. s. w. haben ohne Anstand und mit wenig bemerkbarer Verzögerung gekeimt.

Aehnliche Resultate erzielten auch andere Versuchssteller, z. B. Krašan, der Weizensamen mit grosser Vorsicht erwärmte, wobei er innerhalb 13 Stunden die Temperatur bis auf 100° C. steigerte, welches Maximum er durch vier Stunden einwirken liess. Von zehn so behandelten Samen keimten sieben, von welchen fünf gesunde Keimlinge lieferten; die Keimung trat jedoch verspätet ein.

Wiesner untersuchte Samen der Schwarzföhre, Fichte und Lärche bezüglich ihres Verhaltens gegen höhere Temperaturen und fand, dass sie 70° C. durch 15 Minuten aushalten können. Höhere Temperaturen wendete er nicht an. Auffällig ist hiebei die Thatsache, dass die erwärmten Samen in der Mehrzahl der Fälle früher keimten als die nicht erwärmten, was sich nach meinen Versuchen auch bei zahlreichen landwirthschaftlichen Sämereien, die bei 70° C. erwärmt wurden, ergab.[1])

Just fand bei *Trifolium pratense*, dass trockene Samen, denen bei der allmäligen Erwärmung zugleich das Wasser entzogen wurde, erst bei 120° C. getödtet wurden.

Auch aus v. Höhnel's Versuchen geht hervor, dass man Samen bis auf 100° C. durch mindestens 10 bis 20 Stunden erwärmen kann, wenn man nur für eine sehr allmälige und weitgehende Trocknung durch eine sehr langsame Steigerung der Temperatur sorgt.

Bei einem Versuche, bei welchem Höhnel die verwendeten Samen durch 48 Stunden erst bei 80 bis 92° C. austrocknete,

[1]) Erklären lässt sich dieses Factum mit der Annahme, dass durch die beträchtliche Erwärmung ein Einfluss auf die chemische Beschaffenheit der Reservestoffe ausgeübt worden sei, welcher deren leichtere Löslichkeit zur Folge hatte.

und sodann eine Stunde hindurch auf 110° C. erwärmte, waren zum Theil noch keimungsfähig geblieben: Erbse, Linse, Wicke, Weizen, Gerste, Hafer, Roggen, Buchweizen, Ampfer, Senf, Lein, Melone, Majoran; nur Fisole und Mais hatten ihr Keimungsvermögen gänzlich eingebüsst. Der Wasserverlust, den sie bis zum Eintritte der starken Erhitzung auf 110° C. erlitten hatten, betrug bei den grosskörnigen Samen 5·85%, bei den kleineren 4·2%, woraus eben gefolgert werden kann:

Dass wohl die meisten Samen eine einstündige Erwärmung selbst bis zu 110° C. ertragen können, wenn sie nur hinreichend trocken sind, d. h. höchstens einen Wassergehalt von 3% besitzen.

Die Maximaltemperatur, bis zu welcher Samen wenigstens 15 Minuten lang erwärmt werden können, dürfte zwischen 110 bis 120° C. liegen.

Wenn Fiedler unter Leitung Sachs' gefunden hat, dass die Grenzwerthe der Temperatur, welche lufttrockene Samen, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren, aushalten können, für Weizen etwa 65° C., für Roggen 64, für Gerste 63, für Mais 64 und für Erbsen etwa 70° C. betragen, so wurde jedenfalls die Erwärmung zu rasch und für zu feuchte Frucht vorgenommen.

Während die Samen trockener, heisser Luft gegenüber sehr widerstandsfähig sind, erweisen sie sich in feuchter Luft schon gegenüber geringeren Wärmegraden als höchst empfindlich. Edwards und Colin setzten Samen von Hülsenfrüchten und Getreide der Einwirkung von Wasserdämpfen aus, welche eine Temperatur von 62 bis 75° C. besassen. Dauerte die Einwirkung nur 15 Minuten, so wurde bei 62° C. nur die kleinere Hälfte der verwendeten Samen getödtet, bei 75° C. aber alle. Noch rascher erfolgt die Tödtung der Keimkraft im heissen Wasser; nur solche Samen machen hiebei eine Ausnahme, welche sich lange Zeit selbst im kochenden Wasser befinden können, ohne aufzuquellen. Die Schliessfrüchte von *Polygonum orientale* sind selbst nach halbstündigem ununterbrochenem Kochen nicht gequollen und so keimfähig wie zuvor. Aehnlich verhalten sich nach Nobbe einzelne Samen und Früchte der meisten Gattungen der Papilionaceen, der Rosenblüthler, Primeln, Malven, Asperifolien, Lilien, Nelkengewächse, Lippenblüthler u. s. w. Auch von den hartschaligen, kleinen Früchten der Brombeeren, Him-

beeren wird gewöhnlich vorausgesetzt, dass sie nach vorausgegangenem Kochen im Wasser leichter keimen. H. Hoffmann hat bezüglich dieser letzteren nachgewiesen, dass sie erst durch ein zweistündiges Kochen ihre Keimfähigkeit gänzlich einbüssen.

Die Mehrzahl der landwirthschaftlichen Sämereien aber, welche das Wasser, welches sie zum Keimen brauchen, in wenig mehr als 24 Stunden vollständig aufnehmen, werden durch die Einwirkung warmen Wassers meist sehr empfindlich in ihrer Keimfähigkeit beeinträchtigt. Man ersieht dies aus den Ergebnissen eines Versuches, bei welchem ich verschiedene landwirthschaftliche Sämereien theils durch fünf Stunden, theils durch zehn Stunden im Wasser von 30, 40, 50 und 55° C. einquellen liess, wobei man sie theils im lufttrockenen Zustande verwendete, theils nachdem sie vorher durch 24 Stunden im Wasser von der gewöhnlichen Zimmertemperatur angequollen waren. Darnach wird die Einrichtung der umstehenden Tabelle, welche die Ergebnisse enthält, ohne weitere Erklärung verständlich.

Es zeigen diese Ergebnisse, dass nicht alle Samen gleich empfindlich sind; am meisten leiden unter den verwendeten: Gerste, Buchweizen, Sonnenblumen, Mohar, Erbsen; am wenigsten empfindlich aber erwiesen sich Mais, Raps, Rothklee, Lein, Weizen.

Bei 50° C. warmem Wasser ist durchgehends die Beschädigung der Keimfähigkeit schon sehr merkbar, also bei einer Temperatur, welche das Maximum der Keimungstemperaturen überschreitet; bei einer zehnstündigen Einwirkung nasser Wärme von 55° C. auf Samen, die vorher nicht gequellt worden sind, behielten ihre Keimfähigkeit nur zum kleinsten Theil: Mais, Runkelrübe, Rothklee und Luzerne; falls aber diese Samen früher durch 24 Stunden eingequellt worden waren, gingen sie alle zu Grunde.

Aber nicht nur der Procentsatz der Keimlinge verminderte sich wesentlich unter dem Einflusse nasser Wärme, auch die Zeitdauer für die Keimung ward ungewöhnlich verlängert, z. B. keimte die Controlgerste im Mittel in 2·72 Tagen, bei zehnstündiger Einweichung in 30gradigem Wasser in 3·07 Tagen, bei fünfstündiger Einweichung in 40gradigem Wasser in 3·8 Tagen; bei Raps erfolgte für den Controlsamen das Keimen im Durchschnitte von 2·47 Tagen; bei jenen, die durch 10 Stunden in 50° heissem Wasser eingequellt wurden, erst in 10·5 Tagen.

Namen der Pflanzen:	Controlprobe	Ohne vorhergehende Einquellung								Nach vorausgegangener 24stündiger Einquellung							
		5stündige Wirkung				10stündige Wirkung				5stündige Wirkung				10stündige Wirkung			
		30°C.	40°	50°	55°	30°	40°	50°	55°	30°C.	40°	50°	55°	30°	40°	50°	55°
	Von je hundert Samen keimten:																
Weizen	98	96	88	60	0	97	90	1	0	96	80	22	0	90	44	0	0
Roggen	94	88	60	48	0	72	58	0	0	78	40	0	0	50	20	0	0
Gerste	98	58	5	0	0	36	1	0	0	16	0	0	0	8	0	0	0
Hafer	100	88	36	8	0	76	18	0	0	82	24	0	0	67	3	0	0
Mais	95	98	100	94	8	100	100	38	0	98	100	58	4	100	98	10	0
Rispenhirse	100	75	65	27	0	68	45	29	0	66	57	12	0	51	41	0	0
Moorhirse	68	70	58	25	6	59	33	18	0	67	62	2	0	36	24	2	0
Mohar	91	—	—	21	0	45	39	3	0	—	—	1	0	40	30	0	0
Hanf	95	—	—	35	0	58	46	37	0	—	—	33	0	42	41	30	0
Buchweizen	79	—	—	3	0	24	16	2	0	—	—	0	0	23	0	0	0
Runkelrüben	76	—	—	31	9	59	38	22	1	—	—	19	0	41	32	18	0
Sonnenblumen	78	—	—	14	0	38	22	6	0	—	—	0	0	30	20	0	0
Zuckermelonen	100	—	—	46	22	66	54	42	0	—	—	26	0	64	60	12	0
Raps	99	—	—	43	0	69	49	39	0	—	—	3	0	65	43	2	0
Kopfkohl	98	—	—	56	0	64	56	40	0	—	—	0	0	58	39	0	0
Lein	92	—	–	16	0	82	66	10	0	—	—	0	0	56	40	0	0
Rothklee	100	—	—	28	10	92	68	14	2	—	—	18	0	88	50	6	0
Luzerne	84	—	—	34	3	63	53	8	0	—	—	8	0	41	44	0	0
Fisolen	100	—	—	2	0	96	88	0	0	—	—	0	0	72	10	0	0
Erbsen	91	—	—	1	—	48	44	0	0	—	—	0	0	36	5	0	0

Hier, wo des Einflusses wärmeren Wassers auf die Keimfähigkeit der Samen gedacht worden ist, sei auch an den wichtigen Einfluss erinnert, welchen das fliessende Wasser auf den Transport vieler Samen und Früchte, sonach die Verbreitung vieler Pflanzenarten ausübt. Es gilt dies sowohl für das Süsswasser unserer Quellen, Bäche und Flüsse, wie für Meeresströmungen. Die ersteren führen den Thälern und Niederungen aus dem Gebirge zahlreiche Pflanzensamen zu, die entweder von Pflanzen herstammen, welche die Ufer bekränzten, oder welche durch irgend einen Zufall, eine Verschleppung durch Thiere oder durch den Wind in's Wasser gelangt sind. Das Gleiche gilt von den Meeresströmungen, von welchen es bekannt ist, dass sie Samen der Küstenpflanzen von einem Continent zum anderen zu transportiren vermögen und auch bei der Ansiedlung der im Ocean zerstreuten Inseln mit einer mehr weniger reichen Pflanzenvegetation eine sehr wichtige Rolle spielten. Es wird hier offenbar der Umstand entscheidend sein, wie lange wohl die Samen im Wasser zu verweilen vermögen, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüssen, ob sie einer stärkeren Auslaugung kürzere oder längere Zeit widerstehen. Versuche hierüber sind sowohl mit dem Meerwasser wie mit Süsswasser angestellt worden. So von G. Thuret im Jahre 1873, wobei er die Samen von 251 Samenarten in Flaschen, die mit Meerwasser gefüllt wurden, aufbewahrte. Während der ganzen Dauer des Versuches, welche 13 Monate betrug, wurde das Meerwasser viermal erneuert. Für 16 Samenarten erhielt G. Thuret ein positives Resultat, wobei hervorgehoben zu werden verdient, dass von unseren Culturpflanzen nach einer so langen Weichdauer im Meerwasser ihre Keimfähigkeit noch erhalten hatten: *Apium graveolens, Lycopersicum esculentum, Medicago sativa, Cichorium Endivia, Beta vulgaris.*

Dabei ist auf den Umstand nicht zu vergessen, dass die Samen in den Flaschen zusammengehäuft waren und das Wasser sehr selten erneuert worden ist, wobei die Samen unter viel ungünstigeren Verhältnissen sich befanden, als wenn sie einzeln im fliessenden Meerwasser fortbewegt worden wären. Es musste sehr bald Sauerstoffmangel eintreten und das Quellwasser in Folge der Zersetzung der austretenden Reservestoffe eine ungünstige Beschaffenheit annehmen. Ohne

Zweifel ist die Erhaltung der Samen im Meerwasser eine weit bessere, wie im Süsswasser. Denn wenn wir einen Versuch in ähnlicher Weise mit unserem Brunnen-, Fluss- oder destillirten Wasser machen und das Wasser nur alle Vierteljahre einmal erneuern wollten, würden die Samen ohne Zweifel gänzlich verfaulen.

Einige Versuche über die Erhaltung der Keimfähigkeit der Samen im Süsswasser wurden in den Jahren 1874 und 1876 im landwirthschaftlichen Laboratorium der k. k. Hochschule für Bodencultur von einigen Hörern ausgeführt; die einzelnen Samenproben wurden in Behälter aus Drahtnetzen in Wassereimer eingesetzt, durch welche fortwährend das Wasser in einem langsamen Strome zu- und abfloss; dabei wurde darauf gesehen, dass die Behälter mit den Samen fortwährend 1 Decimeter tief unter dem Wasserspiegel versenkt blieben. Einen störenden Einfluss der Fäulniss konnte man bei diesen Versuchen in keiner Weise abhalten. Wenn die Samen auch locker in den Behältern lagen, so konnte sich doch zwischen denselben das Wasser nicht so rasch als es nothwendig gewesen wäre, erneuern; es stellte sich mehr weniger reichliche Bacterienbildung ein, was daran erkannt werden konnte, dass sich eine durchsichtige Schleimhülle an die Samenproben anheftete, welche die Wasser-Erneuerung zwischen den Samen noch mehr behinderte. Nach bestimmten Zeit-Intervallen wurden die Samen partienweise aus dem Wasser herausgehoben und zum Keimen ausgelegt.

Die Resultate der im Jahre 1876 von v. Schlag und Bressler durchgeführten Versuche sind nachstehende: [1])

	Nach Tagen	Keimungs-Procent		Nach Tagen	Keimungs-Procent
Weizen	40	12	Futterrunkel	80	62
Roggen	20	13	Buchweizen	60	19
Gerste	40	17	Spinat	60	1
Hafer	40	12	Sonnenblume	80	12
Mais	40	28	Zuckermelone	80	72
Reis	80	44	Möhre	60	14
Rispenhirse	40	10	Lein	20	0
Moorhirse	40	16	Raps		(im Wasser gekeimt)
Engl. Raygras	40	8	Erbse		(verfault)
Hanf	20	19	Luzerne	60	1

[1]) Ein Theil der Samen hat schon im fliessenden Wasser gekeimt; so beim Weizen 41%, Roggen 44, Gerste 15, Hafer 16, Rispenhirse 68, englisches Raygras 62, Buchweizen 8, Spinat 34, Raps 93, Luzerne 76%.

2. Beschädigungen.

Ueber die Wirkungen, welche bei Samen eintreten, wenn ihre Samenschale ganz oder theilweise entfernt wird, wurden schon die hiehergehörigen Beobachtungen mitgetheilt; es erübrigt nur des Einflusses solcher Verletzungen zu gedenken, welche am Embryo oder dem Endosperm entweder absichtlich oder zufällig zu geschehen pflegen.

Es ist da vor Allem zu berücksichtigen, dass auch der weitest entwickelte Embryo noch lange nicht so vollkommen ausgerüstet ist, dass er, unter die Bedingungen der Nährstoff-Aufnahme und der Assimilation gebracht, sich ohneweiters selbstständig zu ernähren vermöchte. Die hiezu nothwendigen Organe sind sowohl aus anatomischen als auch aus physiologischen Gründen noch nicht functionsfähig, und der Keimling müsste unfehlbar zu Grunde gehen, wenn ihm nicht die zur weiteren Ausbildung nothwendigen Baustoffe in unmittelbar verwendbarer Form zu Gebote stünden. Es kommt hier nicht darauf an, wo diese Bau- oder Reservestoffe abgelagert sind. Ihre Hauptmasse kann im Endosperm oder in den Keimblättern sich vorfinden. Ein ansehnlicher Bruchtheil kann aber auch im jungen Stengelchen vorräthig sein. Die Beeinträchtigung des Keimlings wird daher eine geringere Bedeutung haben, wenn dem Samen nur ein Theil der Keimblätter oder des Endosperms geraubt wird; die Schädigung ist eine empfindlichere, wenn das gesammte Endosperm oder die Keimblätter entfernt werden; am allermeisten würde aber durch eine Verstümmelung des jungen Stengelchens selbst die Keimfähigkeit leiden, wobei nebst dem Endosperm oder den Cotyledonen auch noch die Plumula oder das Würzelchen verloren gehen würde.

Die Auslaugung war sehr gross; sie schritt bei Weizen, Roggen, Gerste und anderen Samen so weit vor, dass fast nur die Fruchtschale übrig geblieben ist und die Verluste an Trockensubstanz 30 bis 80% betrugen; bei allen Samen, wo die Auslaugungsverluste so beträchtliche waren, wurde die Keimfähigkeit schon frühe vernichtet. Dieser Verlust ist jedenfalls auch der Fäulniss und der Einwirkung der Bacterien zuzuschreiben, welche in das Innere der Samen durch die erweichte Testa eindringen und sich auf Unkosten der Reservestoffe der Samen ernährten. Unter natürlichen Verhältnissen mag die Keimfähigkeit der Samen im fliessenden Süsswasser weit länger erhalten werden.

Sachs fand, dass wenn einem trockenen Keime von *Phaseolus multifl.* beide Cotyledonen abgebrochen werden und derselbe dann in feuchte Erde gesteckt wird, das Wachsthum desselben nur kurze Zeit andauert; er erreicht eine Länge von nur 2 Centimetern; es entfalten sich nicht einmal die Primordialblätter; wenn man blos ein Keimblatt entfernt oder die Bohne in der Mitte quer durchschneidet, ohne die Wurzel und die Plumula zu beschädigen, so bleibt die Pflanze zwar klein, aber gesund und wachsthumsfähig. Wird eine derartige Operation an bereits keimenden Fisolen durchgeführt, so macht sich der Effect in verschiedenem Grade geltend, je nach dem Entwicklungszustande, in dem sich der Keimling zur Zeit der Operation befindet; je jünger der Keim, desto störender ist sie. Sachs folgert hieraus, dass der Uebertritt der Nahrungsstoffe aus den Cotylen in die Pflanze eine verschiedene Bedeutung hat in den ersten und letzten Stadien der Keimung; in den ersten Stadien ist die Pflanze von diesen Assimilationsproducten der Mutterpflanze ganz und gar abhängig, in den letzten Stadien dagegen dienen dieselben nur dazu, ihr mehr Kraft zu geben. Bei Versuchen mit *Zea Mais* fand Sachs, dass vom Keim abgelöste Embryonen, bei entsprechender Wärme und Feuchtigkeit in das Erdreich gesteckt, sich zwar anfangs entwickeln, im günstigsten Falle aber nur zwerghafte Pflänzchen bilden, die in kurzer Zeit vollständig zu Grunde gehen.

Auch von vielen Anderen, van Tieghem, Gris etc., wurden derartige Versuche vorgenommen, welche ergaben, dass, wenn Samen, ihres Endosperms oder der Cotylen beraubt, auch weiter wachsen, sie dennoch zwerghafte Formen beibehalten und nur unter ganz ausnahmsweise günstigen Umständen bis zur Blüthen- und Fruchtbildung gelangen.

So beraubte Bonnet gemeine Fisolen ihrer Keimblätter, nachdem sie angequollen waren, und pflanzte eine Anzahl in ein Gefäss mit Gartenerde. Die kleinen Primordialblättchen wurden unbedeckt gelassen. Der Versuch fiel günstig aus. Die Keimlinge schlugen Wurzeln und entfalteten nach 12 Tagen auch ihre Blätter. Nach einiger Zeit verpflanzte Bonnet die Pflänzchen in's Freie, wo sie zu blühen begannen, in diesem Entwicklungsstadium aber erst eine Höhe von 5 Centimeter erreicht hatten.

Bei einem Versuche, welchen mein Sohn, G. Haberlandt, mit den Früchten der Sonnenblume vornahm, wurden 30 ihrer Keimblätter beraubte Embryonen vertical in einen mit feingesiebter Gartenerde gefüllten Topf gesteckt und drei Millimeter hoch mit feingesiebter Erde bedeckt. Schon nach einigen Tagen hatten sie ihre hypocotylen Keimaxen so weit verlängert, dass sie über die Erde hervorragten. Von nun an ging das Wachsthum sehr langsam von statten, doch entwickelte die Mehrzahl der Pflänzchen ihre Knospenanlage weiter und bildete ein erstes Laubblattpaar. Nach 48 Tagen waren noch fünf Keimlinge am Leben. Sie besassen sechs bis acht Laubblätter und erreichten eine Höhe von 2·5 bis 3·5 Centimeter. Das durchschnittliche Trockengewicht eines Pflänzchens betrug 0·019 Gramm. Zu Beginn des Versuchs wog ein keimblattloser Embryo durchschnittlich 0·008 Gramm, so dass eine Vermehrung des Trockengewichtes um das 2·4fache erfolgte.

Eine gleich alte, normal entwickelte Vergleichspflanze war in derselben Zeit 30 Centimeter hoch geworden, hatte über 20 Blätter entfaltet, von welchen die Spreite des grössten Laubblattes 70 Millimeter lang und 42 Millimeter breit war. Sie hatte ihr Gewicht im Vergleich zum Embryogewicht um das 17·1fache vermehrt.

Abweichende Resultate erhielt Blocziszewski in Zabikowo, welcher den Anbau der verstümmelten Samen und ihrer Embryonen im Freien, im Garten, und zwar auf je 1 Quadratmeter grossen Beeten vornahm. Der rajolte Boden der Versuchsbeete war fruchtbarer Humusboden. Von Mais und Roggen gelangten Embryonen zur Aussaat, die mit dem Ganzen, dem Halben und einem Viertel des Endosperms versehen, und auch solche, die ganz endospermlos waren; vom Hafer ganze Körner und nackte Embryonen. Die Keimlinge der Lupinen, Erbsen und des Wiesenklees wurden in der verschiedensten Weise verstümmelt; man raubte ihnen beide Cotyledonen oder nur einen, oder halbirte sie durch Quer- und Medianschnitte. Aehnlich verfuhr Blocziszewski mit dem Samen von *Brassica napus*. Der Verstümmelung ging stets ein 16- bis 20stündiges Einweichen in Flusswasser von 18° C. voraus. Jede Parcelle wurde zweimal des Tages begossen. Eine nähere Angabe über die Zeit der Aussaat ist nicht gemacht, doch ist es wahrscheinlich,

dass sie im Frühjahre erst zu einer Zeit erfolgte, wo die Vegetationsbedingungen möglichst günstige waren.

Die grossen Unterschiede, welche sich in den ersten Entwicklungsstadien der jungen Pflanzen zeigten, verschwanden allmälig in den folgenden Perioden. Einige der ihrer Reservestoffe zum Theil beraubten Pflanzen unterschieden sich in der Periode des Reifens gar nicht von den normalen, andere bedeutend. Die Blüthenperiode trat bei jenen um 2 bis 3 Tage später ein, als bei den normalen Pflanzen. In einer Tabelle hat Blocziszewski die Versuchsergebnisse übersichtlich zusammengestellt, die von hinreichendem Interesse sind, um sie hier zur Mittheilung gelangen zu lassen. (Siehe die Tabelle auf pag. 82).

So überraschend diese im Widerspruche mit anderen Versuchen stehenden Resultate sind, so geht Blocziszewski doch entschieden zu weit, wenn er aus denselben folgende Folgerung ableitet:

„Dies Alles beweist, dass der Embryo bei den erwähnten Mono- und Dicotyledonen als solcher auch ohne die in den Cotylen oder im Endosperm aufgespeicherten Nährstoffe sich weiter entwickeln, ja unter günstigen Umständen eine der normalen gleichkommende Pflanze liefern kann, mithin von den Reservestoffen unabhängig ist und die in der Mutterpflanze enthaltene Reservenahrung sowohl in dem ersten wie in den späteren Keimungsstadien nur zur Kräftigung des sich entwickelnden Keimlings dient."

Denn wir müssen festhalten, dass der Embryo in seinem ersten Entwicklungsstadium eben ganz und gar von den Reservestoffen der Mutterpflanze abhängig erscheint, dass er aber allerdings damit freigebig ausgestattet ist, unter günstigen Umständen dieselben nicht ganz benöthigt und schon mit einem Theil ausreicht, um sich normal auszubilden. Wir dürfen aber nicht vergessen, dass solche Reservestoffe nicht blos im Endosperm und den Cotyledonen, sondern auch im Stengelchen, und zwar in concentrirtester Form abgelagert sind, und dass diese unter günstigen Umständen eben schon ausreichen mögen. Je grösser das Gewichtsverhältniss des Stengelchens für sich allein zum Gewicht des ganzen Samens ist, um so eher wird dies möglich sein. Bei den Getreide-Arten benützte Blocziszewski übrigens auch die Embryonen mit dem Schildchen

Angabe der eingepflanzten Samentheile	Procent der aufgegangenen Samen	Procent der sich entwickelnden Pflanzen	Höhe der Pflanze in Centim.	Gewicht der Pflanze in Gramm	Gewicht derselben Pflanze auf 100 Gewichtstheile der Pflanze aus ganzen Samen berechnet
Mais.					
Embryonen mit dem Schildchen	76	75	170	819	56·33
„ „ $^1/_4$ Endosp. .	92	90	172	849	58·61
Hälften quer durchschnittener Samen	76	75	171	1036	71·36
Ganze Samen	92	90	172	1452	100·00
Klee.					
Beider Cotyl. beraubte Embryonen	71	sind zu Grunde gegangen.			
Embryonen mit 1 Cotyl. . .	72	56	16·5	1·1	40·74
Ganze Samen	72	60	20·0	2·7	100·0
Oelrettig.					
Embryonen, beider Cotyl. beraubt	78	72	105	125·5	104·75
Embryonen mit 1 Cotyl. .	84	82	101	119·8	100·0
Ganze Samen	88	86	111	119·8	100·0
Hafer.					
Embryonen mit dem Schildchen	74	62	89	7·55	53·11
Ganze Samen	96	92	109	14·2	100·0
Roggen.					
Embryonen mit dem Schildchen	58	42	106	4·3	56·41
Hälften der Länge nach durchschnittener Samen . . .	38	18	81	4·6	58·96
Hälften quer durchschnittener Samen mit ganzen Embryonen	90	86	124	21·2	71·86
Ganze Samen	94	92	124	29·5	100·0
Lupine.					
Beider Cotyl. beraubte Embryonen	32	sind zu Grunde gegangen.			
Embryonen mit 1 Cotyl. . .	96	94	87	56·6	50·31
Hälften der Länge nach durchschnittener Samen	84	76	80	44·5	39·5
Hälften quer durchschnittener Samen mit Embryonen . .	96	86	85	66·5	58·2
Ganze Samen	96	94	87	112·5	100·0

oder dem Cotyledo, welcher eben auch reich an Reservestoffen ist. Je grösser das Gewicht des Embryo sammt dem Scutellum bei den Gräsern und das Gewicht der Stengelchen bei den Dicotyledonen zum Gewichte der ganzen Samen sein wird, um so eher wird demnach zu erwarten sein, dass die Entwicklung der Keimlinge auch ohne Endosperm und die Keimblätter möglich sei.

Dieses Verhältniss war bei den von Blocziszewski verwendeten Samen nach seinen Bestimmungen folgendes:

Mais	1 : 4·73	Roggen	1 : 17·25
Klee	1 : 5·66	Erbse	1 : 32·4
Oelrettig	1 : 5·76	Lupine	1 : 49·88
Hafer	1 : 15·75		

Wir würden also nur zu folgenden Folgerungen berechtigt sein:

1. Die Reservestoffe für den Keimling finden sich abgelagert im Endosperm, in den Cotylen, und im concentrirtesten Zustande auch im jungen Stengelchen.

2. Bei günstigen Vegetationsverhältnissen wird nur ein Theil dieser Reservestoffe verbraucht, und kann der andere Theil ohne Gefahr für die Entwicklung der Keimpflanze vorher weggenommen werden.

3. Zu allererst sind die Keimlinge auf die im Stengelchen selbst enthaltenen Nährstoffe angewiesen.

Man kann demnach sagen: Die Reservestoffe haben einen doppelten Zweck. Sie sollen das erste Wachsthum der Keimlinge überhaupt möglich machen, dazu ist aber nur ein Theil erforderlich; der Rest ist ein Schutzmittel, welches das Fortkommen des Keimlings für den Fall ungünstiger Witterungsverhältnisse sichert.

Nach diesen Bemerkungen wird es begreiflich erscheinen, wie es kommt, dass Samen, welche von Insecten angefressen worden sind, dennoch theilweise noch zu keimen vermögen. Dies kommt sehr häufig bei Erbsen und Linsen, bei Ackerbohnen, Wicken vor, welche von den Larven verschiedener Bruchus-Arten bewohnt und ausgefressen werden. Aber auch bei Getreide kann dies vorkommen, wenn die Larven des schwarzen oder weissen Kornwurmes dasselbe angegriffen haben. Wird hiebei auch das Stengelchen beschädigt, so ist der Nach-

theil um so grösser; eine Beschädigung der Plumula und der Wurzelspitze wird eher ertragen, als wenn der Vegetationspunkt verletzt wird. Schneidet man den vorderen Theil der Embryonen bei den Getreide-Arten der Länge nach weg, so wird der der Länge nach halbirte Embryo ganz gut fortwachsen, immerhin bleiben aber die Pflanzen schwächlicher.

Eine Abhilfe gegenüber Insectenschaden ist leicht in der Erwärmung der Samen gefunden, wobei die Eier oder die jungen Larven getödtet werden und wenigstens einer weiteren Beschädigung der Keimlinge vorgebeugt wird.

Eine Beschädigung der Samen erfolgt auch häufig beim Ausdrusch, sei es, dass Theile des Endosperms abgesprengt werden oder grössere Risse und Spalten in dem Korn entstehen, wodurch der Transport der Reservestoffe zum Embryo verhindert oder verzögert wird. Aber auch insofern wirken solche mechanische Verletzungen der Fruchtschale und der Samenhaut, sowie des Sameninneren nachtheilig, als der Luft ein bequemerer Zutritt verschafft, hiedurch aber die Keimfähigkeit der Samen viel früher geschwächt wird. Wenn daher aus Proben von Hanf, Buchweizen, Sonnenblumen-Früchtchen etc. solche Individuen ausgelesen werden, welche eine aufgesprungene Fruchtschale u. s. w. besitzen, so ist das Keimungsprocent derselben immer geringer als das von unversehrt gebliebenen Samen.

3. Beizmittel.

Wir wollen zuerst den Einfluss einiger organischer Verbindungen auf die Keimung kurz berühren.

Oxalsäure. Nach Vogel keimte bei 0·08procentiger Concentration kein Same; nach Göppert ist sie nur schädlich, wenn die Concentration über 1% steigt. Nach Otto sind angeblich 20—40jährige Samen, die nicht mehr keimfähig waren, durch Oxalsäure-Lösungen zum Keimen gebracht worden.

Weinsäure. Nach Göppert keimungsförderlich bei einer Verdünnung von .2 bis 0·04%.

Citronensäure. Bei einer Verdünnung von 0·2% keimte nach Vogel kein Same.

Gerbsäure. Nach Payen und Carradori schon bei starker Verdünnung ($^1/_{1000}$) schädlich; nach Davy nur bei stärkerer Concentration schädlich, bei verdünnterer Lösung nützlich.

Blausäure. In grosser Verdünnung zwar immer noch ein Hinderniss der Keimung, tödtet sie doch nach Vogel die Keimkraft nicht. Wie schon kleine Mengen von Blausäure die auf den Sauerstoff sich beziehende Wirksamkeit der Blutkörperchen hemmen und dadurch den Tod des Thieres herbeiführen, so verhindert diese Säure auch das Keimen der Samen.

Carbolsäure (Phenylsäure). Nach Vogel hinderte ein Tropfen der Phenylsäure auf 50 Cubikcentimeter Wasser das Keimen aller Samen.

Fette Oele. Die älteren Angaben, nach welchen ein Oelbad keimungsunfähige Samen zum Keimen wieder befähige, wurde von Nobbe geprüft. Er fand, dass bei frischen Samen eine unzweifelhafte Verzögerung und Beeinträchtigung durch das Oel bewirkt werde; gegenüber alten, nicht mehr keimfähigen Samen zeigte dasselbe gar keine Wirkung.

Alcaloide. Aufgüsse von Opium, Schierling, Stechapfel, Bilsenkraut, mit welchen die mit verschiedenen Sämereien bestellten Beete durch Göppert begossen wurden, zeigten weder eine nachtheilige noch förderliche Wirkung.

Alcohol. Der schädliche Einfluss des Alcohols auf Samen ist ein sehr verschiedener. Bei einigen Samen wirkt er entschieden nachtheilig, wie bei Lein, bei anderen, wie beim Rothklee ist seine schädliche Wirkung unbedeutend. Absoluter Alcohol ist weniger schädlich, weil in demselben die Samen nicht aufquellen. In dem Masse, als mit dem zunehmenden Wassergehalt des Alcohols die Quellungs-Energie der Samen zunimmt und zugleich der Alcohol in's Samen-Innere eintritt, wird auch das Leben des Embryo mehr gefährdet, denn er löst dann manche Inhaltskörper auf, Fette, Pigmente, Harze, Alcaloide, verschiedene Zuckerarten, theils wirkt er coagulirend auf Dextrin, Gummi, Diastase.

Aether, Schwefeläther, verhält sich ähnlich, doch wirkt er noch energischer als Alcohol.

Petroleum, Solaröl, schädigt die Keimkraft bedeutend; Weizenkörner, die durch sechs Stunden in demselben belassen wurden, lieferten in sieben Tagen nur 19% Keimpflanzen mit krankhaften Wurzeln.

Kampher soll nach Einigen, so nach Vogel, die Keimfähigkeit auch älterer Samen erhöhen; es ist jedoch diese An-

gabe sowohl nach den Versuchen Nobbe's, wie nach jenen Wilhelm's nicht richtig, indem weder gesättigt wässerige, noch verdünntere Lösungen irgend eine keimungsförderliche Wirkung äusserten. Die Wirkung ist selbst für gut keimfähige merkbar nachtheilig. Bei Benutzung solcher Lösungen ist sowohl das Keimungsprocent geringer, als auch eine entschiedene Verzögerung der Keimung bemerkbar.

Nachstehend soll nun die Wirkung anorganischer Stoffe und Verbindungen besprochen werden.

Vielgerühmt wurde von jenen Stoffen, welche keimungsförderlich einwirken sollten, das Chlor. Insbesonders war es Humboldt, welcher sehr günstige Wirkungen, namentlich beim Keimen der Kresse zu beobachten glaubte. Er erwähnt eine Mischung, welche auf 4 Vol. Wasser 1 Vol. Chlor enthielt. Die Versuche sind unzählbar oft wiederholt worden, doch gingen die Resultate weit auseinander, was eben beweist, dass selbst zur Vornahme ganz einfacher Versuche Vorsicht und Uebersicht aller Versuchsbedingungen nothwendig ist.

Wenn überhaupt Chlorgas die Keimung beförderte, so könnte eine solche Wirkung nur deshalb erfolgen, weil durch das Chlor eine vielleicht schwer durchlässige Testa oder Fruchtschale angegriffen wird und weil zweitens dem Embryo in Folge der Entstehung von Salzsäure freier Sauerstoff *in statu nascenti* zugeführt werden muss.

Viele Versuche hierüber führte Nobbe aus, wobei er das Keimen theils in Fliesspapier, theils in Gartenerde vornahm und wässerige Chlorlösungen verschiedener Concentration anwendete. Er benutzte zu diesem Zwecke Wasser, welches mit dem Chlorgas völlig gesättigt war und das zur weiteren Verdünnung mit den entsprechenden Wassermengen gemischt wurde, um zu $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_{10}$, $^1/_{100}$ und $^1/_{1000}$ gesättigt zu sein.

Ob Nobbe nun nicht keimfähige Samen zu dem Versuche verwendete oder Samen von guter Keimfähigkeit, so ward doch im ersteren Falle die Keimfähigkeit nicht wieder geweckt, im letzteren nicht gesteigert, wohl aber war schon bei $^1/_{10}$ und $^1/_4$ der Sättigung die Wirkung der Chlorlösung eine nachtheilige; bei ganz oder zur Hälfte gesättigter Lösung kam überhaupt kein Same mehr zur Keimung. Dies war der Fall sowohl bei land- wie bei forstwirthschaftlichen Sämereien.

Für die dem Chlor zunächst verwandten Elemente Jod und Brom scheint dasselbe zu gelten wie für das Chlor. Ueber die Wirkung einer verdünnten, wässerigen Lösung von Jod wird von verschiedenen Versuchsstellern bald günstig, bald ungünstig berichtet.

Die Arsensäure hindert die Keimung selbst bei 0·1% Verdünnung. Samen, welche nur kurze Zeit in solcher Lösung gelegen, waren selbst nach längerem Waschen mit Wasser nicht mehr keimfähig. Auch die arsenige Säure vernichtet die Keimfähigkeit schon bei geringer Concentration. Damit in Widerspruch steht eine Beobachtung Chatin's, der von Samen die durch 26 Stunden in einer gesättigten Lösung von Arsenik lagen, zum Theile noch keimfähige vorfand; bei einer zwei- bis dreifachen Verdünnung keimte die Mehrzahl. Damit würde die Angabe Marshall's stimmen, dass man in England mit gutem Erfolge gegen den Brand nicht mehr Kalkwasser, sondern eine durch Kochen bereitete Arseniklösung zur Beize des Saatgutes verwende.

Salzsäure hat Göppert bei hundertfacher Verdünnung angeblich mit gutem Erfolge angewendet. Otto will selbst alte Samen mit verdünnter Salzsäure zum Keimen gebracht haben. Pagnoul beobachtete für Runkelrüben gleichfalls eine günstige Wirkung.

Auch Schwefelsäure muss in 100- bis 200facher Verdünnung angewendet werden, soll sie nicht die Keimung beeinträchtigen.

Salpetersäure beansprucht eine 200- bis 500fache Verdünnung. Weizen, Runkeln und Buchweizen werden am wenigsten geschädigt.

Phosphorsäure soll nach Sprengel selbst in sehr concentrirter Auflösung keimungsfördernd wirken. Nach Göppert erfordert sie eine Verdünnung von mindestens 50 Theilen Wasser, um nicht zu schaden, wirkt aber noch günstig bei 0·04%.

Kali, Natron und Ammoniak. Nur bei stärkerer Verdünnung sind die freien Alkalien nicht keimungshemmend. Dieselbe muss mindestens eine 500- bis 1000fache sein.

Gelöschter Kalk wurde von Vogel für Gerste und Weizen tödtlich befunden. Im unverdünnten Kalkwasser keimen nach Payen Getreidekörner nicht. Selbst mit 8 Theilen Wasser

verdünnt, erwies sich der Aetzkalk am nachtheiligsten für Mais, ferner für Raps, Hanf, Lein, Sonnenblumen und Runkeln, weniger für Cerealien und Buchweizen.

Barythydrat ist für Gerste und Weizen unbedingt tödtlich befunden worden.

Bezüglich der meisten Salze sind die in der Literatur zerstreuten Angaben nur mit grosser Vorsicht aufzunehmen. Sie haben auch zumeist nur ein Interesse insofern, als auch solche Salze darunter sind, welche als Dungsalze zur Verwendung kommen und in Form einer Platzdüngung oder Samendüngung angewendet, in zu grosser Concentration gelöst, die Keimfähigkeit der Samen beeinträchtigen können.

So muss

einfach kohlensaures Natron und Kali . . .	in	100—300facher	Verdünnung
„ Ammoniak	„	100—200 „	„
chlorsaures Kali	„	100—200 „	„
salpetersaures Kali	„	200—300 „	„
„ Natron	„	50—100 „	„
schwefelsaures „	„	20— 50 „	„
Chlornatrium	„	10— 25 „	„
Chlorammonium	„	100—300 „	„
schwefelsaurer Kalk	„	100—400 „	„
salpetersaurer „	„	100—300 „	„
Chlorcalcium	„	50—100 „	„
schwefelsaure Magnesia	„	50—100 „	„

angewendet werden, damit die Keimung der Samen nicht behindert werde.

Schwefelsaurer Kali-Thon kann nach Fleischer selbst in einer 11procentigen Lösung Verwendung finden, ohne dem Keimungsprocesse schädlich zu sein. Nach Lefébure ist dagegen der Alaun dem Keimen sehr hinderlich.

Doppeltchromsaures Kali tödtet die Keimfähigkeit selbst bei einer Verdünnung von $^1/_{2000}$ absolut.

Uebermangansaures Kali schädigt bei 100- bis 200facher Verdünnung und 6- bis 12stündiger Einwirkung die Keimfähigkeit nicht, vielmehr scheint dasselbe die Keimung zu beschleunigen. Man ersieht dies aus folgendem Versuche, bei welchem Weizen, Roggen, Gerste und Hafer, alle zu fast 100% keimfähig durch 1, 6, 12 und 24 Stunden, in einer 0·5procentigen Lösung des übermangansauren Kalis eingeweicht und sodann zum Keimen ausgelegt worden sind.

Die nachstehende Zusammenstellung der Ergebnisse zeigt, dass sowohl der Procentsatz der keimenden Körner, wie die zum Eintritte des Keimens erforderliche Zeit nur dann für die eingebeizten Körner ungünstiger sich verhielt, wenn das Beizen durch 24 Stunden fortgesetzt wurde, dass aber bei kürzerer Dauer des Beizens günstigere Resultate als mit destillirtem Wasser erzielt worden sind.

Art der Behandlung und Quellungsdauer	Weizen		Roggen		Gerste		Hafer	
	Procentsatz der gekeimten S.	Mittl. Keimzeit in Stunden	Procentsatz der gekeimten S.	Mittl. Keimzeit in Stunden	Procentsatz der gekeimten S.	Mittl. Keimzeit in Stunden	Procentsatz der gekeimten S.	Mittl. Keimzeit in Stunden
Nur mit Wasser behandelt .	99	69 9	98	62·95	99	62·92	97	92·47
In 0·5%iger Lösung:								
Durch 1 Stunde eingeweicht	100	58·93	99	42·27	100	56·94	95	80·9
„ 6 Stunden „	100	45 96	99	39 00	99	56·39	97	76·89
„ 12 - „ „	100	63·62	99	42·9	100	59·78	97	90·50
„ 24 „ „	99	70·07	99	55·21	94	71·64	95	91·77

Eisenvitriol wirkt schädlich selbst bei 100- bis 200facher Verdünnung, dem Eisenvitriol folgt in der Schädlichkeit das Oxydulhydrat, dann das Schwefeleisen. Die höheren Eisen-Oxyde: Oxyduloxyd, Oxyd, Oxydhydrat, welche noch Sauerstoff abzugeben vermögen, wirken in keinerlei Weise nachtheilig.

Das schwefelsaure Kupferoxyd (Kupfervitriol) muss eingehender berücksichtigt werden, da es als Beiz- und Schutzmittel gegen die Getreidebrandpilze zur allgemeinen Anwendung gelangt ist. Es wurde zu Anfang dieses Jahrhunderts durch Benedict Prevost zuerst empfohlen und ist nach Kühn das allerwirksamste Mittel zur Abtödtung der Brandpilzsporen. Ist die Concentration der Kupfervitriollösung zu gross und die Dauer der Einwirkung der Lösung eine zu lange, dann wird freilich auch die Keimfähigkeit des Getreides mitbetroffen, weshalb bei Anwendung dieses Mittels immerhin Vorsicht geboten ist.

Bei einem Versuche mit Weizen, bei dem man 0·1-, 0·5-, 1- und 5procentige Lösungen von Kupfervitriol anwandte, erhielt man folgende Resultate:

Quellungsdauer	Controlprobe mit destill. Wasser		Gehalt der Lösung							
			0·1%		0·5%		1%		5%	
	Procent	Mittl. Keimzeit in Tagen	Procent	Mittl. Keimzeit in Tagen	Procent	Mittl. Keimzeit in Tagen	Procent	Mittl. Keimzeit in Tagen	Procent	Mittl. Keimzeit in Tagen
Durch 6 Stunden	—	—	100	3·49	100	3·53	100	4·37	45	9·67
„ 12 „	—	—	99	3·42	95	4·58	89	5·50	35	8·67
„ 18 „	—	—	99	3·88	91	6·71	93	7·04	14	10·62
„ 24 „	100	3·28	100	4·09	89	5·28	74	7·46	19	9·12

wonach allerdings eine 1procentige Concentration bei 12stündiger Einwirkung der Lösung sowohl den Procentsatz der keimfähigen Samen herabdrückt, als auch die Keimungszeit verlängert.

Dies ist umsomehr der Fall, wenn in Folge des Ausdrusches mechanische Verletzungen (Sprünge, Risse u. s. w.) an den Getreidekörnern entstanden sind, welche ein rascheres Eindringen der Lösung und somit eine intensivere Wirkung derselben ermöglichen.

So keimten bei Versuchen Nobbe's Körner von Weizen und Roggen nach Hand- und Maschinendrusch und vorausgegangenem 24stündigen Einquellen in der Lösung:

	Weizen		Roggen					
	Maschinendrusch		Handdrusch			Maschinendrusch		
Probe:	a	b	c	d	e	f	g	h
I. reines Wasser . .	98	100	88	97	95	90	95	92
II. $^1/_{10}$% Lösung . .	69	86	93	87	89	93	96	90
III. $^1/_2$% „ . .	69	51	84	64	48	83	81	76
IV. 1% „ . .	21	52	69	40	41	85	85	40

Noch auffälliger tritt die Giftwirkung hervor, wenn die Körner unter der Luftpumpe mit der Lösung injicirt werden. Bei einem solchen Versuch keimten bei Anwendung einer

0·1procentigen	Lösung	nur	36%
0·5 „	„	„	28%
1 „	„	„	34%
5 „	„	„	16%

Wenn nun für die Beizung des Saatgetreides als Regel angegeben wird, dass man 0·5 bis 1% Lösungen anwenden und diese durch 12 bis 16 Stunden einwirken lassen solle, wenn man andererseits erfährt, dass Sporen des Steinbrandes und

mehrerer Flugbrandarten schon in einer 0·1procentigen Lösung bei nur sechsstündiger Dauer ihre Keimfähigkeit vollständig einbüssten, so ist der Schluss unzweifelhaft gerechtfertigt, dass diese Vorschriften über das Beizen des Saatgetreides einen zu langen Zeitraum für diese Operation vorschreiben. Man will eben sicher gehen, nachdem man weiss, dass nicht alle steinbrandigen Körner abgeschöpft werden, die ganzen Steinbrandkörner aber längere Zeit zu ihrer Durchweichung brauchen, und wenn dies unterbleiben sollte, durch ein Zerdrücken derselben beim nachfolgenden Umschaufeln des Weizens eine neue Infection der gebeizten Körner eintreten würde. Man könnte dem aber leicht vorbeugen, wenn erst die Körner in gewöhnlichem Wasser gereinigt und von den beigemischten Steinbrandkörnern befreit, im nassen Zustande in die Lösung von Kupfervitriol gebracht würden, die, weil sie hiedurch eine Verdünnung erführe, über 0·5% concentrirt sein könnte. Bei derart vorbereiteten Samen würde gewiss schon ein sechsstündiges Beizen vollkommen wirksam sein.

Noch eine andere Lösung könnte zu Versuchen über das Beizen des Getreides empfohlen werden, nämlich jene des xanthogensauren Kalis. Kleinere Versuche über die Wirksamkeit dieses Mittels wurden im landw. Laboratorium d. Hochsch. f. Bodenc. in der Art vorgenommen, dass man Sporen des Steinbrandes durch 10 bis 60 Minuten in verschieden concentrirten Lösungen von 0·1 bis 1·0% einbeizte. Man sammelte sie hierauf auf einem Filter, wobei man sie entweder mit destillirtem Wasser wiederholt auswusch oder dies unterliess. Hierauf kamen sie mit dem ausgebreiteten Filter in den feuchten Raum einer Glasglocke und wurden auf ihr Keimungsvermögen durch einen Zeitraum von 10 Tagen täglich mikroskopisch geprüft. Es ergab sich das sehr bemerkenswerthe Resultat, dass ein einstündiges Beizen der Steinbrandsporen in einer 0·5procentigen Lösung selbst bei nachfolgendem Auswaschen vollständig genügt, um ihre Keimfähigkeit zu tödten. Sonach kann das xanthogensaure Kali den Landwirthen als Beizmittel gegen den Steinbrand zu weiteren Versuchen umsomehr empfohlen werden, als es einen weit weniger nachtheiligen Einfluss auf die Keimfähigkeit der Weizenkörner ausübt, als das schwefelsaure Kupferoxyd.

DRITTES HAUPTSTÜCK.

Die Prüfung des Samens.

Nachdem die Samen und Früchte die werthvollsten Producte des Ackerbaues sind, tritt an jeden Landwirth die Aufgabe heran, die Qualität seiner geernteten oder durch Kauf erworbenen Samen zu prüfen und zu vergleichen. Einer solchen Aufgabe muss jeder Landwirth selbst gewachsen sein, auch ist sie mit geringen Hilfsmitteln auszuführen. Ein Laboratorium zur Prüfung der Pflanzenproducte, insbesonders der Samen, ist ohne grosse Kosten einzurichten. Man braucht fast nur eine bessere Loupe, eine feinere Wage und nebst Sieben einige kleinere Geräthschaften, Messer, Nadeln, Pincetten, einige Kolben, Bechergläser, Glasplatten u. s. w. Eine Samensammlung, theils von Samen landwirthschaftlicher Culturgewächse, theils von Unkräutern, wird schon der leichteren Vergleichung und Bestimmung etwaiger unbekannter Samen halber zu beschaffen und allmälig zu ergänzen sein.

Insbesonders kommen bei solchen Untersuchungen folgende Aufgaben zu lösen vor:

1. Bestimmung der Echtheit und Reinheit des Samens, beziehungsweise des Grades der Verunreinigung und nähere Angaben darüber, worin die Verunreinigung besteht.

2. Die Gewichtsbestimmung des Samens, wobei

a) das absolute,

b) das specifische,

c) das Volumengewicht und

d) die Gewichtsverhältnisse zwischen einzelnen Theilen des Samens zu bestimmen sind.

3. Die Ermittelung der Keimfähigkeit und Keimungs-Energie des Samens.

4. Die Wahrnehmung subjectiver Merkmale zur Beurtheilung des Samens.

ERSTER ABSCHNITT.

Echtheit und Reinheit des Samens.

1. Echtheit.

Die erste Frage bei der Beurtheilung der Samen und Früchte ist die, ob sie wirklich das sind, wofür sie ausgegeben werden. Täuschungen hierüber sind wohl bei den gewöhnlichen Getreidekörnern und landwirthschaftlichen Sämereien nicht möglich, immerhin kommen aber solche bei den schwieriger unterscheidbaren Samen der Kleearten, der verschiedenen Kohlarten, und insbesonders auch bei Gräsern vor. Es wird sich in manchen Fällen darum handeln, nicht blos die Samenart (Species) festzustellen, sondern auch Näheres über die Spielart zu ermitteln. Letzteres ist aber überhaupt nur in wenig Fällen möglich. Die verschiedenen Spielarten der Gerste und des Roggens oder des Leines, des Rapses u. s. w. würde z. B. Niemand an den Samen zu erkennen vermögen, so wenig es möglich ist, nach dem Aeusseren der Samen sicher zu entscheiden über seinen Ursprung, ob Hanfsame wirklich aus Italien, Leinsame aus den Ostseeprovinzen, Kardenfrüchte oder Runkelrüben aus Frankreich oder Deutschland u. s. w. bezogen worden sind.

Man muss sich sonach in der Regel auf die sichere Bestimmung der Samenart beschränken; dies fällt meistens leicht, und machen nur die Arten des Geschlechtes *Brassica* eine Ausnahme.

2. Reinheit.

Die Klage der Landwirthe über die Verunreinigung des Saatgutes ist seit jeher eine sehr häufige und berechtigte gewesen. Der Nachtheil ist ein doppelter. Erstens wird im Verhältniss zu dieser Verunreinigung oder noch darüber hinaus der Werth des verunreinigten Samens herabgedrückt und der Gebrauchswerth beschränkt; zweitens ergeben sich auch noch überdies Nachtheile, welche erst nach erfolgter Benutzung der Samen im menschlichen Haushalte oder zur Aussaat sich einstellen, wenn beispielsweise verunreinigtes Getreide vermahlen ein gesundheitswidriges Mehlproduct liefert oder in Folge der Aussaat Unkräuter und Parasiten auf dem Felde überhand nehmen.

Die den Samen beigemengten fremden Bestandtheile können unorganische oder organische Gemengtheile sein.

Zu den ersteren gehören: Sand oder Staub, wenn die Samen schon längere Zeit in offenen Räumen aufbewahrt worden sind und nicht ein wiederholtes Putzen vorgenommen wird. Die Samenhändler nennen derartige Waare „gesalzen". Auch Erdbröckelchen mischen sich häufig in die Frucht, wenn der Ausdrusch im Freien oder auf schlecht hergerichteten Tennen vorgenommen worden ist, desgleichen Steinchen, Mörtelstücke u. dgl.

In neuerer Zeit ist es vorgekommen, dass man kleine Steinchen, namentlich gröbere Sandkörner von Quarz, welche ihrer Form nach den Klee- oder Luzerne-Samen ähnlich sehen und durch Siebe in verschiedene Nummern sortirt werden, künstlich färbte, und so manchen Samen täuschend ähnlich herrichtete; von solchen Steinchen wurden dann grössere oder geringere Mengen den Samen beigemischt. Bei dem viel grösseren specifischen Gewichte dieser Steinchen lässt sich diese absichtliche Verunreinigung durch Salzlösungen mit einer Dichte von 1·4 natürlich leicht nachweisen.

Es sollen nach Nobbe solche künstlich bereitete Samen von Hamburg aus versendet werden; auch in Böhmen und Ungarn soll dieser Schwindel fabriksmässig betrieben werden. Bei einiger Vorsicht und Aufmerksamkeit kann sich der Samenhändler vor einem solchen Betrug leicht schützen und auch der Landwirth kann gegenüber dem Samenhändler sich sehr leicht sicherstellen. Er braucht eben nur in dieser Richtung gekauften Klee-Samen zu prüfen.

Von organischen Beimengungen sind zu nennen: Fruchthüllensplitter (bei Lein, Mohn), Spelzen oder Spreu bei Getreide, Fruchtstielchen insbesondere bei Doldenpflanzen, auch unreife, verkümmerte Körner, welche herausgeputzt und unter's Ausreuter hätten kommen sollen. Ferner insbesondere Unkraut-Samen und Früchte der Unkrautpflanzen. Unter den Unkraut-Samen sind insbesondere jene gefürchtet, welche wegen ihrer Grösse und Form schwer aus den Cultursämereien herauszuputzen sind. Deshalb findet man unter Mais, Ackerbohnen, Erbsen, Fisolen u. s. w. keine Unkraut-Samen, weil es keine so grossen Unkraut-Samen gibt; deshalb sind den Getreide-Arten andere beigemengt als wie dem Lein oder den Möhren oder den Klee-

Arten, dem Spörgel u. s. w. Wenn Pflanzen oder deren Früchte einzeln geerntet werden, wie beim Mais, Mohn, Ackerbohnen, da ist eine Verunkrautung ihrer Samen überhaupt nicht möglich, dagegen dann allgemein, wenn gemeinschaftlich mit den Culturpflanzen auch die Unkrautpflanzen geschnitten und gebunden, sowie ausgedroschen werden.

Unkrautsamen gibt es sehr viele; werden alle Beimengungen von Unkraut-Samen berücksichtigt, die überhaupt unter den Cultursämereien vorzukommen pflegen, so sind deren wohl über 100 Species. Es sollen im Nachfolgenden nur genannt werden:

Von *Gramineen: Lolium temulentum, L. linicolum, Bromus secalinus, Avena fatua, Setaria glauca* und *viridis.*

Von *Polygoneen: Polyg. convolvulus, P. aviculare, P. persicaria* und *Lapathifolium.*

Von *Chenopodeen: Chenopodium album.*

Von *Plantagineen: Plantago lanceolata.*

Von *Rhinanthaceen: Melampyrum barbatum* und *arvense Rhinanthus major.*

Von *Borragineen: Lithospermum arvense.*

Von *Convolvulaceen: Convolvulus arvensis, Cuscuta epithymum* und *C. epilinum.*

Von *Labiaten: Galeopsis tetrahit* und *G. ladanum.*

Von *Compositen: Centaurea Cyanus, Anthemis arvensis, Chrysanthemum segetum* und *Cirsium arvense.*

Von *Rubiaceen: Galium tricorne, G. aparine, Asperula arvensis.*

Von *Umbelliferen: Caucalis daucoides* und *muricata.*

Von *Sileneen: Saponaria vaccaria* und *Agrostemma githago.*

Von *Cruciferen: Camelina sativa, Sinapis arvensis* und *S. alba, Raphanus raphanistrum.*

Von *Ranunculaceen: Ranunculus arvensis* und *Adonis aestivalis.*

Von *Papilionaceen: Vicia cracca, segetalis, hirsuta* u. s. w.

Bei zahlreichen Reinheitsbestimmungen, welche Nobbe mit Samenproben des Handels vornahm, erhielt er folgende Durchschnitts-Resultate, welche ich aus seinen zahlreichen Einzelnbestimmungen ableitete.

Die fremden Beimengungen betrugen im:

	Mittel	Max. Procent	Min.		Mittel	Max. Procent	Min.
bei Wiesengras	30·3	57·2	12·1	bei Caryophylleen	2·4	16·7	0·2
„ Cerealien .	1·15	4·23	0·1	„ Papaveraceen	0·27	0·3	0·2
„ Liliaceen . .	0·6	0·9	0·4	„ Cruciferen .	1·3	3·1	0·46
„ Chenopodeen	2·2	5·1	0·9	„ Lineen . .	2·25	13·65	0·5
„ Polygoneen .	7·6	24·5	0·9	„ Umbelliferen	5·5	10·8	2·0
„ Compositen .	5·7	12·0	4·25	„ Rosaceen .	32·3	43·0	22·4
„ Labiaten . .	4·7	5·3	4·15	„ Kleesamen .	5·4	15·6	0·8
„ Cucurbitaceen	0·1	0·3	0	„ Leguminosen	3·2	19·3	0·5
„ Malvaceen .	5·2	6·9	0·5				

Aber auch durch Parasiten kann eine Verunreinigung der Getreidekörner, und zwar, wie es scheint, nur dieser, bewirkt werden. Es gehören hieher ausdauernde Pilzmycelien, welche, als Sclerotien oder Mutterkörner bezeichnet, namentlich unter Roggen und Gerste, seltener unter Weizen, Moorhirse und Mais vorkommen. Bei auffälliger Grösse sind sie allerdings mit leichter Mühe abzusieben; schwieriger aber gelingt dies, wenn sie hinsichtlich ihrer Form und Grösse fast ganz genau mit den Roggenkörnern übereinstimmen. Ihr Vorkommen ist wegen ihrer giftigen Wirkung auf den menschlichen Organismus, wenn sie mit den Körnern zu Mehl vermahlen werden, höchst unerwünscht.

Von sonstigen Pilzen sind es die Brandpilze, deren Sporen an den Körnern haften. Die Sporen des Steinbrandes haften nur am Weizen und Roggen, die des Flugbrandes inficiren die Körner des Weizens, der Gerste und des Hafers. Die Hirsebrandsporen haften an den Körnern der Rispenhirse, die Maisbrandsporen an Maiskörnern etc. Ist Weizen mit einer grösseren Zahl von Steinbrandsporen behaftet, so hängen sich dieselben hauptsächlich an den abgerundeten stumpfen, kurz bebärteten oberen Theil der Frucht, und kann man die dunklere Färbung dieses feinen Haarflaums schon mit freiem Auge erkennen; sind aber die Sporen an den Körnern in spärlicherer Anzahl vorhanden, dann fällt ihr Nachweis bei der Untersuchung der einzelnen Körner weit schwerer. Dasselbe gilt auch, wenn es sich darum handelt, ob an irgend einem Getreide Sporen des Flugbrandes haften. In einem solchen Fall besteht das bequemste Verfahren darin, eine grössere Probe des Getreides, $^1/_4$ bis $^1/_2$ Kilogramm, in einer geringen Menge Wassers zwischen den Händen abzureiben und das von den Körnern abgegossene Waschwasser einige Stunden

ruhig stehen zu lassen. Hafteten überhaupt an den Körnern Sporen, so wird man bei einer mikroskopischen Untersuchung des Bodensatzes deren gewiss eine grössere Zahl nachweisen können. Aber man benöthigt zu solchen Untersuchungen schon stärker vergrössernde Mikroskope. Durch einen solchen Nachweis wird ein Fingerzeig gegeben, ob überhaupt eine Beizung der Körner behufs Abtödtung der Sporen erforderlich ist. — Schliesslich können Samen auch mit den Excrementen von Mäusen verunreinigt oder mit den Larven verschiedener Insecten besetzt sein. Nur auf Getreide beschränkt sich der sogenannte schwarze Kornwurm *(Sitophilus granarius)*, der sich im Laufe eines Jahres mit zwei Generationen fortpflanzt, und von dem nicht der Käfer, wohl aber Eier und Larven in den Körnern gefunden werden. Der weisse Kornwurm *(Tinea granella)* pflanzt sich in einem Jahre nur durch eine Generation fort; die Larve der Getreidemotte ist wanderungslustig, bevor sie noch ausgewachsen ist, und spinnt benachbarte Körner mit feinen Fäden zu einem Klümpchen zusammen. Die Larve der *Tinea cerealella* bleibt aber im Korne eingeschlossen; diese Motte vermag in ungeheizten Räumen gleichfalls nur eine Generation in einem Jahre zu erzeugen.

Vielfach besetzt sind auch die Samen mancher Leguminosen, z. B. Erbsen, Linsen, Ackerbohnen, mit Larven und Käfern verschiedener Bruchus-Arten: Erbsen-, Linsen-, Bohnenkäfer. Dieser Schädlinge könnten sich die Landwirthe leicht erwehren, wenn sie gemeinschaftlich zur Vertilgung derselben zusammenwirkten. Noch sei schliesslich des weit verbreiteten Vorkommens der *Anguillula tritici* gedacht, welche eine Umwandlung der Fruchtknoten des Weizens in Gallen bewirkt, die übrigens wegen ihrer geringen Grösse leicht aus dem Weizen herausgeputzt werden können.

ZWEITER ABSCHNITT.

Gewicht des Samens.

1. Absolutes Gewicht.

Am einfachsten ist es, wenn das absolute Gewicht von 1000 Samen ermittelt und daraus das Durchschnittsgewicht für ein Samenkorn berechnet wird. Aber ein solcher Aufschluss ist

doch ziemlich ungenügend, weil man aus der Kenntniss des Mittelgewichts noch keinen Schluss auf Extreme nach unten und oben ziehen kann. Es wäre daher zur besseren Beurtheilung einer Samenart ohne Zweifel besser, wenn durch geeignete Siebe die kleinsten und die grössten Körner, ferner auch einige Abstufungen der mittleren Grösse aussortirt würden. Man hätte zu bestimmen, welcher Antheil der Gesammtprobe von den einzelnen, nach ihrer Grösse sortirten Körnern gebildet wurde und wie schwer je 1000 Körner dieser einzelnen Grössensorten seien.

Natürlich kommen hier grosse Verschiedenheiten vor. Es wechselt die Grösse und das absolute Gewicht der Körner bei derselben Pflanzenart je nach der Spielart, je nach Boden- und Witterungsverhältnissen in verschiedenen Jahrgängen, je nach der Fruchtbarkeit der Pflanze, obwohl durchaus nicht immer ein Minderertrag an Körnern mit einer besseren Ausbildung verbunden ist, vielmehr oft das Gegentheil eintritt. Aber auch an derselben Pflanze werden die Früchte und Samen häufig nach ihrer Grösse differiren. Solche, die von den Hauptaxen geerntet werden, sind meist grösser und schöner als jene, welche an den Nebenaxen sich ausbilden, und werden die Samen an den Nebenaxen höherer Ordnung immer geringer.

Ein Versuch, bei dem man sämmtliche Körner einer Gersten- und Weizenähre in drei Theile theilte, wobei man die untersten, mittleren und obersten Körner in je eine besondere Gruppe zusammenbrachte, ergab in Grammen:

	Bei der Gerstenähre	Weizenähre
Für die untersten Körner	0·429	0·153
„ „ mittleren „	0·828	0·282
„ „ obersten „	0·512	0·191

Ein ähnliches Ergebniss zeigt sich, wenn man das Gewicht der am mittleren Theil eines Maiskolbens befindlichen Körner mit dem der Körner an der Spitze und der Basis des Kolbens vergleicht; wenn bei Sonnenblumen das Gewicht der Früchte auf den Fruchtscheiben der Hauptaxe und der Nebenaxen verglichen wird; das Gleiche gilt von den Kreuzblüthlern, den Leinblüthlern u. s. w.

Aber nicht nur die verschiedenen Axen einer Pflanze tragen Früchte ungleicher Grösse, nicht nur in einer und derselben Inflorescenz zeigt sich dieselbe Erscheinung, auch in

den mehrsamigen Früchten, z. B. den Kapseln, sind die eingeschlossenen Samen oft von sehr ungleicher Grösse, was eben als keine auffallende Thatsache erscheinen wird. Doch sind nähere Ermittlungen über derartige Gewichtsverhältnisse selten durchgeführt worden; sie für die verschiedenen Culturpflanzen in einzelnen Jahrgängen auszuführen, wird auch für den praktischen Landwirth eine dankbare Aufgabe sein, da er bei solchen Bestimmungen manchen Aufschluss über verschiedenartige Einflüsse, die sich bei der Entwicklung seiner Culturpflanzen geltend machen, erhalten kann.

Wenn wir auch wissen, dass die Reservestoffe eines Samenkornes nicht in jedem Jahre zur Ausbildung des Keimlings in gleich dringlicher Weise in Anspruch genommen werden, so ist doch ohne Zweifel in der Mittelzahl der Fälle ein möglichst reichlicher Vorrath derselben erwünscht. Lassen wir grössere Samen keimen, so ist in den ersten Entwicklungsstadien sowohl die Ausbildung der Wurzeln wie auch der oberirdischen Theile eine beträchtlichere; mit ihr wächst sowohl die Oberfläche der Wurzeln wie die der Blätter; mit dieser im geraden Verhältniss steht aber auch die Production an neuer organischer Substanz. Solche Versuche, welche die Ueberlegenheit grösserer Samen den kleineren gegenüber darthun, d. h. von grösseren Samen eine grössere Ernte erzielten als von kleineren, sind schon zu vielen gemacht worden und sollen hier deren einige angeführt werden.

Corenwinder erzielte aus Runkelrüben, welche schon im ersten Jahre schossten, reife Samen, welche nur einen rudimentären Eiweisskörper besassen. Auf gutem Boden angebaut, entwickelten sie Rüben, deren Zuckergehalt nur 4·4% betrug. Solche aus Samen guter Qualität hatten auf demselben Boden einen Zuckergehalt von 8·7%.

Für Erbsen constatirte J. Lehmann, dass eine gleiche Anzahl Saatkörner, je nach ihrem Gewichte, gleichen Bodenraum vorausgesetzt, entsprechend verschiedene Erträge lieferten. Je 528 Samen von dreierlei Grössen lieferten eine Körnerernte:

	Körnerernte in Grammen
kleine Samen	998
mittlere „	1495
grosse „	1814

Bei den Keimlingen aus den kleinen Samen war die Sterblichkeit grösser als bei jenen aus grossen Samen.

Aber auch je 100 Pflanzen aus kleinen, mittleren und grossen Samen lieferten verhältnissmässige Ernten:

	Körnerernte in Grammen
100 Pflanzen aus kleinen Samen	236
100 „ „ mittleren „	313
100 „ „ grossen „	378

Aber auch dann, wenn gleiche Gewichtsmengen an Samen ausgesäet worden sind, ergab sich eine grössere Ernte für die grösseren Samen. Denn je 188 Gramm Samen ergaben:

	Körnerernte in Grammen
kleine Samen	1590
mittlere „	2224
grosse „	2307

Solche Versuche wurden mit Weizen von Dietrich, mit Hafer von Buckmann, von Sorauer und Anderen im kleinen Massstabe, von vielen Praktikern auch im grossen Massstabe angestellt. Dieselben wurden in der Art durchgeführt, dass man aus demselben Saatgut durch geeignete Siebe die kleinsten, die grössten und die mittleren Körner aussiebte und unter gleichen Bedingungen aussäete. Immer überwog der Ertrag aus den grossen Körnern jenen aus den mittleren und kleinen Körnern gewonnenen.

2. Specifisches Gewicht.

Unter dem specifischen Gewichte der Samen oder Früchte versteht man bekanntlich das Gewichtsverhältniss eines Samens zu dem eines gleichen Volumen Wassers. Offenbar ändert sich dieses specifische Gewicht je nach der Zusammensetzung der Samen, je nachdem die Reservestoffe dicht oder weniger dicht eingelagert sind, ferner je nach der Ausdehnung der lufterfüllten Räume, nach der Menge der Aschenbestandtheile u. s. w.

Wenn das specifische Gewicht

des Stärkemehls	= 1·53
„ Zuckers	= 1·60
„ Zellstoffes	= 1·53
der fetten Oele	= 0·91—0·96
„ ätherischen Oele	= 0·76—1·09
des Legumins pulverig	= 1·36
„ „ compact	= 1·285

des Klebers . . . . . = 1·297
der Aschenbestandtheile . . . . = 2·500
des Wassers . . . . . = 1·0
der Luft . . . . . = 0·001293

ist, so wird man leicht einsehen, dass es entscheidend sein muss für die Grösse des specifischen Gewichtes des Samens, ob wenig oder ob viele Lufträume vorhanden sind, ob der Aschengehalt ein grösserer oder geringerer ist, ob als Hauptbestandtheil des Samens fettes Oel oder Stärke auftritt. Am meisten Einfluss haben die luftführenden Räume; denken wir uns diese mit Wasser erfüllt, so wird, wenn hiebei keine Quellung eintritt, das specifische Gewicht erhöht sein. Wird aber so viel Wasser aufgenommen, dass das Volumen des Samens bedeutend vergrössert wird, dann sinkt das specifische Gewicht bedeutend.

Bei den specifisch schwersten Samen steigt das Gewicht bis 1·4, nur sehr selten darüber; so z. B. gibt es Leguminosen und Weizen, bei welchen einzelne Samen so schwer sein können; ölhaltige Samen übertreffen das specifische Gewicht des Wassers dagegen nur wenig. Noch leichter als Wasser sind bespelzte Früchte oder solche Samen und Früchte, deren Schale viele Luft enthält.

Man kann die Bestimmung des specifischen Gewichtes in verschiedener Art ausführen. Entweder mit dem Pycnometer oder mit Salzlösungen von verschiedener Dichte. Bei Anwendung des Pycnometers kann man sich des destillirten Wassers bedienen oder, was noch besser ist, des Petroleums oder des Solaröls.

Bei einer Bestimmung mit Wasser wird vorerst das Glasgefäss mit Wasser gefüllt und gewogen. Gesondert zur Abwägung gelangt eine Samenprobe von solchem Volumen, dass sie voraussichtlich in den Pycnometer eingefüllt werden kann. Addirt man zum Gewichte des Pycnometers das Gewicht der Samen und wird hierauf das Pycnometer mit den Samen gefüllt, die Luft darin vom Wasser verdrängt und nun wieder gewogen, so stellt die Gewichtsdifferenz des letzteren Gewichtes und der ersten Summe offenbar das Gewicht oder das Volumen des verdrängten Wassers dar. Wird mit diesem in das absolute Gewicht der Samen hinein dividirt, so erhält man das fragliche specifische Gewicht der untersuchten Samen. Je mehr Wasser während der

Bestimmung von den Samen aufgenommen wird und je rascher dieselben aufquellen, desto mehr Wasser wird verdrängt werden, desto grösser ist der Gewichtsunterschied, desto kleiner wird das specifische Gewicht befunden werden. Sollte aber eine Wasseraufnahme seitens der Samen oder Samenhüllen erfolgen, ohne dass sie aufquellen, dann wird weniger Wasser verdrängt als dem Volumen der Samen entspräche, dann ist die Differenz kleiner und das specifische Gewicht wird zu hoch berechnet werden.

Dieser Fehler entsteht bei der Benützung des Petroleums nicht, man erhält aber als Gewichtsdifferenz selbstverständlich nicht das Gewicht des verdrängten Wassers, sondern das Gewicht des verdrängten Petroleums, welche Differenz auf Wasser zu reduciren, d. h. mit dem specifischen Gewichte des Solaröles zu dividiren ist; erst mit dieser reducirten Differenz wird man in das Gewicht der Samenprobe hineindividiren müssen.

Das specifische Gewicht des Petroleums erhält man aber sehr einfach aus einer Vergleichung der Gewichtsmenge Wasser und Petroleum, welche im Pycnometer Raum findet, wenn nicht eine besondere Wage für Ermittlung des specifischen Gewichtes zur Hand ist.

Das andere Verfahren besteht darin, sich Lösungen von verschiedener Dichte herzustellen, wozu man sich wohl am besten des Chlorcalciums bedient. Man kann eine ganze Scala solcher Lösungen von 1·4 z. B. beginnend und bis 1·02 absteigend brauchen; für Samen, die leichter sind als Wasser, könnten weingeistige Lösungen benutzt werden. Handelt es sich nun um die Ermittlung des specifischen Gewichtes schwerer Samen oder Früchte, so könnte man mit der schwersten Lösung beginnen, die in ein kleines Probeglas gefüllt wird. Die Untersuchung wird auf je 100 Samen ausgedehnt, diese werden in die Lösung eingefüllt und mit einem Glasstäbchen von allen etwa anhaftenden Luftblasen befreit, damit sie leichter untersinken. Die nicht untergesunkenen Körner werden aus dem Probeglas ausgeschöpft, die Lösung abgegossen und die untergesunkenen in dem zurückgestellten Probeglase belassen. Nun wird eine leichtere Lösung, z. B. 1·38, in ein zweites Probeglas gefüllt und die in der ersten Lösung nicht untergesunkenen Körner neuerdings eingefüllt. Vorher müssen sie aber mit

Filterpapier trocken abgewischt werden. Wieder wird ein Theil der Körner untersinken, ein anderer nicht, worauf mit den nicht gesunkenen Samen der Versuch in noch leichteren Lösungen so lange fortgesetzt wird, bis eben alle zu Boden gesunken sind.

Hat man nun beispielsweise

	Untergesunkene Samen
in dem Probeglase mit der Lösung 1·4	4
„ „ „ „ „ „ 1·38	10
„ „ „ „ „ „ 1·36	25
„ „ „ „ „ „ 1·34	28
„ „ „ „ „ „ 1·32	33

so sind offenbar die 4 erstgesunkenen specifisch schwerer als 1·4, die 10 später gesunkenen schwerer als 1·38 etc., oder genauer:

Das specifische Gewicht von 4 Samen beträgt	1·41
„ „ „ „ 10 „ „	1·39
„ „ „ „ 25 „ „	1·37
„ „ „ „ 28 „ „	1·35
„ „ „ „ 33 „ „	1·33

und das mittlere specifische Gewicht aller 100 Samen ist:

$$= \frac{4 \,.\, 1{\cdot}41 + 10 \,.\, 1{\cdot}39 + 25 \,.\, 1{\cdot}37 + 28 \,.\, 1{\cdot}35 + 33 \,.\, 1{\cdot}33}{100} = 1{\cdot}3548$$

Diese Art der Bestimmung ist nicht nur sehr bequem und genau, sie gewährt auch einen besseren Einblick in die Verhältnisse des specifischen Gewichtes einer Samenprobe, indem dabei nicht nur das Mittel, sondern auch die Extreme nach oben und unten bekannt werden.

3. Volumengewicht.

Das Volumengewicht hat insoferne eine Bedeutung, als es einen Schluss auf die Qualität der Körner und Samen zulässt. Denn die Differenzen, welche sich bei den Gewichten gleicher Volumina derselben Samenart ergeben, sind sehr beträchtlich. Das Verhältniss der Extreme stellt sich z. B.:

Beim Weizen	wie 100 : 150
„ Hafer	„ 100 : 140
Bei der Gerste	„ 100 : 135
Beim Rogen	„ 100 : 130

Es kann aber für den Gebrauchswerth der Samenwaare nicht gleichgiltig sein, ob das Volumengewicht einer Frucht- oder Samengattung ein grösseres oder geringeres ist. Denn der Wassergehalt der Samen, deren Volumengewicht ein höheres ist,

ist in der Regel geringer, der Holzfasergehalt steht zum Volumengewichte im umgekehrten Verhältnisse, der Stärkegehalt in einem geraden, steigt also und fällt mit dem Volumengewichte. Auf den Stickstoffreichthum der Samen lässt sich aus dem Volumengewicht derselben kein Schluss ziehen, denn für Gerste fand A. Müller den gleichen Stickstoffgehalt bei zwei Proben mit einem Hektolitergewicht von je 68·1 und 43·2 Kilogramm. Bei Hafer scheint das Stickstoffgewicht mit dem Hektolitergewicht zu steigen, bei Weizen und Roggen dagegen zu fallen. Unter Samen, deren Hektolitergewicht ein geringes ist, findet sich auch meist ein hoher Procentsatz von keimungsunfähigen, tauben Körnern. Der Verkauf nach dem Volumen allein ist unbedingt verwerflich, theils deshalb, weil mit dem zunehmenden Wassergehalt das Volumen unverhältnissmässig steigt, theils weil es seine Schwierigkeiten hat, ein grösseres Hohlmass, z. B. einen Hektoliter, so mit Getreide zu füllen, abzustreifen und zu wägen, dass die Ermittlungen des Absenders und Empfängers befriedigend übereinstimmen. Sobald nicht eingeübte Arbeiter die Füllung vornehmen, kann man Gewichtsdifferenzen pro Hektoliter bekommen, die 2 bis 3 Kilogramm und selbst mehr betragen.

Diese unwillkürlich entstehenden Messungsfehler sind allerdings geringer, wenn man statt der Menschenhände sich gewisser automatischer Vorrichtungen zum Anfüllen und Abstreifen der benutzten Hohlmasse bedient (Schaufelfüllung, Trichterfüllung); indessen sind sie immerhin noch weit beträchtlicher, als wie solche bei Gewichtsbestimmungen vorkommen.

Weil aber der Kauf nach dem Gewichte keinerlei Anhaltspunkte über die Qualität des Samens gewährt, so wird bei dem Kauf und Verkauf nach dem Gewichte sehr häufig auch ein bestimmtes Volumengewicht ausbedungen. Dies gilt insbesondere bei den Getreide-Arten.

Mit kleinen Proben lässt sich die Bestimmung des Hektolitergewichtes nur in kleinen Gefässen ausführen, deren Rauminhalt zum Rauminhalte eines Hektoliters in einem bestimmten Verhältnisse steht. Benutzen wir beispielsweise einen kleinen Glaskolben, dessen Fassungsraum bis zu einer bestimmten Marke 100 Cubikcentimeter beträgt oder 100 Gramm destillirten Wassers zu fassen vermag, so wird derselbe, mit Körnern angefüllt, nur $^1/_{1000}$mal so viel wiegen wie ein Hektoliter, oder mit anderen

Worten: so viel Gramm man für die Füllung erhält, so viel Kilogramm beträgt dies pro Hektoliter. Weil sich aber in einem so kleinen Gefässe die Körner nicht so dicht zusammenlegen, wie in einem grossen, so wird zur Correction bei Weizen, Roggen und Gerste noch ein Plus zum Gewichte von 5%, bei Hafer von 10% hinzuzuaddiren sein.

Hier möge, da wir später öfter davon Gebrauch machen werden, eine Zahlenzusammenstellung für die wichtigsten landwirthschaftlichen Sämereien mit Bezug auf das absolute, specifische und das Volumengewicht derselben nachfolgen:

Bezeichnung der Samen und Früchte	Zahl der Samen pro Kilogramm in Tausenden	Specifisches Gewicht	Volumen-Gewicht pro Hektoliter in Kilogr.
Zea Maïs	2·5—12	1·26	70—87
Sorghum vulgare	43—47	1·22—1·32	—
Setaria germanica	400	1·210	68—72
„ *italica*	480—500	1·184	70—76
Panicum miliaceum	180—220	1·179	72—75
Alopecurus pratensis	1023	0·751	15—16
Phleum pratense	1680—2444	1·022	57—61
Holcus lanatus	1818—5376	0·301	10—12
Arrhenatherum elatius	340—860	0·600	15—17
Avena sativa	18—68	1·05—1·26	40—54
Dactylis glomerata	1071—3115	0·760	18—20
Poa pratensis	4761—10101	0·897	12—14
„ *trivialis*	5882—12500	0·828	14—16
Festuca ovina	1315—5263	0·794	18—20
„ *elatior*	415—990	1·016	25—27
„ *rubra*	1010—3333	1·018	30—32
Triticum vulgare	15—65	1·329—1·403	73—88
Secale cereale	20—80	1·3—1·38	68—74
Hordeum distichum und *vulgare* bespelzt	20—40	1·317	58—70
Hordeum distichum und *vulgare* nackt	20—25	1·371	75—86
Lolium perenne	401—1269	1·035	32—34
„ *italicum*	528—978	0·919	25—28
Allium Cepa	240—385	1·104	48—52
Cannabis sativa	50—100	0·945	54—59
Beta vulgaris	23—70	0·698	22—28
Polygonum fagopyrum	37—50	1·104	60—65

Bezeichnung der Samen und Früchte	Zahl der Samen pro Kilogramm in Tausenden	Specifisches Gewicht	Volumen-Gewicht pro Hektoliter in Kilogr.
Dipsacus fullonum	250—330	0·974	38—42
Cichorium intybus	644—1081	1·099	36—40
Helianthus annuus	24—37	1·04—1·1	44—48
Rubia tinctorum	50—60	1·072	42—47
Origanum majorana	2020—7040	0·959	?
Nicotiana tabacum	12000—25000	1·046	39—44
Carum Carvi	485	1·14—1·2	46—50
Foeniculum officinale	150—510	1·08—1·16	42—45
Pimpinella Anisum	282—440	1·050	34—38
Daucus Carota	600—1000	1·14—1·20	16—20
Nigella sativa	335—419	1·104	49—53
Papaver somniferum	1647—3144	1·142	58—64
Brassica napus oleifera	130—250	1·134	64—70
„ *rapa* „	500—620	1·143	63—68
„ „ *rapifera*	600—800	1·117	63—68
Sinapis alba	200—284	1·236	66—69
Camelina sativa	1200—1500	1·149	68—71
Isatis tinctoria	160—180	0·289	10—14
Cucurbita Pepo	3—9	0·794	30—32
Spergula sativa	590—1600	1·104	58—62
Althaea rosea	90—110	0·747	16—19
Ricinus communis	2·6—4·5	0·902	50—54
Linum usitatissimum	200—350	1·163	64—70
Poterium sanguisorba	70—128	0·939	30—34
Trifolium pratense	410—860·5	1·26—1·38	75—80
„ *hybridum*	1300—2205	1·289	76—82
„ *repens*	1200—2100	1·287	78—82
Medicago sativa	400—900·3	1·26—1·337	70—77
„ *lupulina* mit Hülsen	500—814·2	0·957	40—45
Esparsette mit Hülsen	40—50	1·06—1·14	27—32
Ervum lens	44—60	1·363	68—73
Pisum sativum	1·7—21	1·324—1·355	70—74
Phaseolus vulgaris	2—10	1·298—1·36	70—80
„ *multiflorus*	1·2—1·8	1·056	64—68
Soja hispida	6—11	1·240	65—70
Lathyrus sativus	3—7	1·328	70—78
Cicer arietinum	3—14	1·312	70—79
Vicia faba major	0·5—1·2	1·298	50—60
„ „ *equina*	3—4		76—80
„ „ *sativa*	15·8	1·26—1·38	80—84

4. Gewichtsverhältnisse zwischen einzelnen Theilen des Samens.

Genauere Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Samen und Früchte erhält man, wenn nicht nur das absolute Gewicht, sondern auch das Gewicht der einzelnen Theile derselben erhoben wird. So kann man bei den Getreide-Arten das Verhältniss zwischen dem Gewichte der Embryonen und dem Gewicht der ganzen Frucht bestimmen, bei Samen, welche kein Endosperm besitzen, den Gewichtsantheil des Stengelchens gegenüber dem der Keimblätter ermitteln. Jedenfalls bestehen hierin beträchtliche Verschiedenheiten, wie solche ja schon bei der Mittheilung der Blocziszewski'schen Versuche für einige Samen- und Fruchtarten angedeutet worden sind. So betragen die Keime vom Gewicht des ganzen Kornes beim:

Weizen	2—3%	Hafer	3—4%
Roggen	2·5—4%	Moorhirse	5—6%
Gerste	2—3·5%	Mais	10—14%

Dass grössere Verschiedenheiten in dieser Richtung bei den einzelnen Spielarten vorkommen, ist wahrscheinlich, wäre aber erst noch genauer zu ermitteln. Das Gleiche gilt von Samen, welche hinsichtlich ihrer Grösse differiren, sonst aber ganz gleichen Ursprunges sind.

Die einfachste Methode, solche Bestimmungen vorzunehmen, ist ohne Zweifel die, dass die zu untersuchenden Samen so lange eingequellt werden, bis sich der Embryo vom Endosperm oder die Keimblätter vom Stengelchen leicht trennen lassen. Man kann sich mit 100 bis 200 Samen begnügen und sie entweder im lufttrockenen Zustande wägen, oder besser nach vorausgegangener künstlicher Trocknung bei 100° C.

Bei bespelzten Früchten, wie bei Gerste, Hafer, Emmer, Spelz, Moorhirse, Rispenhirse, Reis u. s. w., wird offenbar der Werth von dem Gewichtsverhältnisse zwischen den Spelzen und der nackten Frucht abhängen, oder mit anderen Worten, es wird ihr Werth mit der Abnahme des Gewichtsprocentes der Spelzen steigen, umgekehrt mit der Zunahme des procentischen Antheiles der Spelzen fallen.

Bei dem Hafer, der Moorhirse, dem Spelz und Emmer, sowie dem Reis bereitet das Auslösen der nackten Frucht aus den Spelzen nicht die geringste Schwierigkeit. Eine gesonderte

Abwägung der nackten Früchte sowohl, wie der Spelzen, lässt den Procent-Antheil der letzteren am Gewicht der ganzen Früchte leicht berechnen, wobei zu jedem solchen Versuche 100 Körner zur Verwendung kommen können. Schwieriger ist die Manipulation bei der Hirse. Ihre nackten Körner sind sehr fest von den glatten, starren Spelzen umschlossen und Nadel wie Skalpell sind zum Ablösen der letzteren von der nur schwer festzuhaltenden Frucht kaum zu gebrauchen. Man kann sich nun hiebei in der Weise helfen, dass man in einem kleinen Mörser vorerst die glatten Hirsekörner ein wenig zerquetscht und die harten Spelzen aufsprengt, worauf mittelst zweier Nadeln die Auslösung der nackten Körner leicht vorgenommen werden kann; es bleibt nur die Vermeidung aller Verluste auf das sorgfältigste zu beachten.

Auch die Entspelzung der Gerste kann nicht ohneweiters durch's Abkratzen der Spelzen geschehen. Die Arbeit wäre nicht nur eine zu mühsame, sondern auch ungenaue, da sie jedenfalls nicht ohne Verletzung des Mehlkörpers der Gerste oder ihres Keimes geschehen kann. Es bleibt deshalb nichts Anderes übrig, als die Gerste, je nachdem die Spelzen fester oder lockerer am Kerne haften, durch längere oder kürzere Zeit einzuweichen. Dabei tritt aber ein Gewichtsverlust durch Auslaugung ein, der zu einer berücksichtigenswerthen Fehlerquelle bei derartigen Versuchen wird. Man vermeidet diesen Fehler, indem man die zu untersuchende Gerstenprobe unter der Luftpumpe mit Wasser injicirt. Bei solcher Behandlung lassen sich schon in wenig Minuten die Spelzen leicht ablösen, ebenso leicht, als wenn sie durch 24 Stunden oder länger im Wasser eingeweicht worden wären.

Eine andere Methode, welche schneller zum Ziele führt, wäre die, dass man eine genau gewogene Gerstenprobe, mit 5 bis 10% des Gewichts englischer Schwefelsäure benetzt, in einem kleinen geschlossenen Pulverglase gut durchschüttelt, worauf nach 24 Stunden die geätzten und zerfressenen Spelzen leicht abgerieben und abgewaschen werden können. Die getrockneten Körner lassen wieder gewogen aus dem Gewichtsverluste den Gewichtsantheil der Spelzen berechnen.

Auch für die Hülsenfrüchte würde sich ein Verfahren empfehlen, welches auf die Bestimmung des Gewichtsantheils der

Samenschalen gerichtet wäre, denn es ist für den Nährwerth der Erbsen nicht gleichgiltig, ob sie fein oder dickschalig sind, abgesehen von dem Umstande grösserer oder geringerer Schmackhaftigkeit, der zum Theil von der Dicke der Schale abhängt.

Das Gleiche gilt natürlich auch von den Früchten des Buchweizens, der Sonnenblumen, des Hanfes, insoweit letztere zur Oelbereitung dienen.

Die Schwankungen für den Gewichtsantheil der Spelzen sind beim Hafer die grössten, daher auch diese Untersuchung beim Hafer nie unterlassen werden sollte; sie variiren zwischen 17 bis 50%.

Geringer sind sie bei der Gerste, wo sie doch zwischen 7 und 15%, also vom Einfachen bis zum Doppelten sich bewegen. Wintergerste hat schwerere Spelzen als Sommergerste, die Gerste nördlicher Länder hat feinere Spelzen als die aus südlichen Gegenden.

Grössere Differenzen kommen bei der Moorhirse vor. Originalsorten aus Afrika besitzen ein Spelzengewicht von nur 5%, wogegen Spelzen der Moorhirse aus unseren Gegenden bis 14% vom Gewichte der ganzen Körner wiegen.

Bei Dinkel- und Emmer-Arten wechselt das Spelzengewicht zwischen 22·5 bis 27·8%, bei Rispenhirse beträgt es im Mittel 16·8%, Sorten aus südlichen Ländern vermindern ihr Spelzengewicht. Bei Reis beträgt der Gewichtsspelzenantheil im Mittel 21·26%.

Die Fragen: welche Bedingungen erzeugen stärkere und schwerere, fest mit den Körnern verwachsene oder solche nur umhüllende Spelzen? wodurch wird eine dickere oder dünnere Fruchthüllenbildung oder die Ausbildung einer dünneren oder dickeren Samenhaut bewirkt? diese Fragen können, ein so grosses Interesse ihre Beantwortung für die Praxis auch bieten würde, nach den bisherigen Erfahrungen nicht beantwortet werden. Erst vergleichende Culturversuche, die von genauen Erhebungen über die diesbezüglichen Verhältnisse an den geernteten Samen oder Früchten begleitet wären, würden hierüber Aufschluss geben können.

DRITTER ABSCHNITT.

Keimfähigkeit und Keimungs-Energie.

Gewöhnlich nimmt man zur Ermittlung der Keimfähigkeit und Keimungs-Energie die Keimungsprobe zu Hilfe. Aeussere Merkmale wurden bisher zur Beurtheilung der Keimungsfähigkeit noch nicht benutzt. Und doch gibt es auch gewisse äussere Kennzeichen für die Lebensfähigkeit der Samen und Früchte. Wenn z. B. eine grössere Zahl der Hanfkörner aufgesprungen ist, so ist dies gewöhnlich für diese von keiner günstigen Vorbedeutung.

Eine Hanfprobe, welche zu 76 bis 78% keimfähig war, enthielt eine grössere Anzahl aufgesprungener Samen; man liess 100 unversehrte und 100 aufgesprungene keimen und es erwiesen sich von den ersteren 80%, von den letzteren 54% als keimfähig.

Bei einem anderen Versuch keimten unter 100 aufgesprungenen Buchweizenkörnern nur 5% in 4·4 Tagen, von 100 unversehrten dagegen 82% in 4·2 Tagen.

Bei anderen Samen, z. B. Luzerne, ist die hellere Farbe ein Merkmal besserer, eine dunklere Farbe ein solches geringerer Keimungsfähigkeit. Bei einem diesbezüglichen Keimungsversuche sortirte man Luzerne-Samen je nach der Färbung in hellbraune, braune und dunkellederbraune.

Von den	hellbraunen	keimten	89% in	3·2 Tagen
„ „	braunen	„	69% „	4·7 „
„ „	dunkelbraunen	„	35% „	5·1 „

Die Verschiedenheit der Färbung lässt sich auch zur Beurtheilung der Keimfähigkeit des Rothklees verwenden, wie sich aus einem interessanten Beispiel ersehen lässt.

In alten Acten einer Gutswirthschaft fand man eine Kleesamenprobe, die zusammen 2770 Körner zählte und vom Jahre 1839 herrührte, also 38 Jahre alt war. Man suchte 37 Körner heraus, welche die normale Farbe besassen, d. h. sie waren dunkelviolet mit gelblicher oder lichtgrauer Spitze; die übrigen waren dunkelrothbraun, schmutzig und dunkelgelb. Von den ersteren keimten 35, während von allen übrigen nicht ein einziges Samenkorn zu keimen vermochte. Eine solche Verfärbung

kommt noch bei mancherlei Samen vor, inwieferne aber die Keimfähigkeit darnach beurtheilt werden könnte, darüber liegen wenig Anhaltspunkte vor.

Bei Getreidekörnern und bei vielen anderen Früchten und Samen ist aber eine solche Verfärbung mit dem Aelterwerden nicht verbunden. Weder die Fruchtschale, noch der Durchschnitt des Endosperms ist in der Farbe irgend verändert, dagegen kann eine genauere Untersuchung des Embryo eine Verfärbung desselben deutlich erkennen lassen. Wird der Embryo bei den Getreide-Arten durch seine Längsaxe parallel zur Vorderfläche desselben mit einem scharfen Messer durchschnitten, so lässt sich die Färbung dieses Querschnittes mittelst einer guten Loupe sehr deutlich beurtheilen. Diese normale Färbung ist bei den Getreide-Arten, ferner bei Raps, Lein, Hanf, Gurken u. s. w. nicht immer dieselbe; sondern es ist einer jeden Samenart eine charakteristische Färbung eigen, weshalb man diese stets durch Versuche an gut keimfähigen Samen kennen lernen muss. So ist die normale Farbe des Embryos der Getreide-Arten überhaupt gelb mit einem schwachen Stich in's Grüne und je nachdem dieser mehr oder weniger deutlich ist, unterscheiden sich die Getreide-Arten von einander.

Durch äussere atmosphärische Einflüsse wird eine Zersetzung der Reservestoffe des Keimes veranlasst, welche sich durch Missfärbung, durch dunklere, bläuliche, bräunliche, gelbbraune, röthliche und selbst schwarzblaue Färbung kennzeichnet. Je mehr die Keimkraft erloschen, um so dunkler der Farbenton; zwischen diesem und den lichten, normal gefärbten Schnittflächen der Embryonen gibt es nun zahlreiche Uebergänge.

Ist man in der Lage, sich von der Färbung der Embryonen gut keimfähiger Samen zu überzeugen, so lässt die Untersuchung einer grösseren Anzahl der zu untersuchenden Samen ein sicheres Urtheil darüber zu, wie viele sicher keimfähig und wie viele sicher nicht keimfähig sind, dazwischen finden sich zweifelhafte mit geschwächter Keimfähigkeit, welche auch schwächliche Pflanzen liefern. Bei einiger Uebung kann eine solche Untersuchung in einer Stunde beendigt sein und das Resultat kann mit dem Ergebniss des Keimungsversuches vollkommen übereinstimmen oder höchstens um 5 bis 10% nach oben oder unten

abweichen. Daraus ergibt sich, dass, falls für die Beurtheilung der Keimfähigkeit nur eine kurze Frist gegeben ist, diese Schnittprobe sich als ein sehr schätzbares Auskunftsmittel erweist, umsomehr, als sie mit den einfachsten Mitteln ausgeführt werden kann.

Das bisher allgemein für die Ermittlung der Keimfähigkeit angewendete Verfahren ist aber die Vornahme der Keimprobe. Zu dieser können von kleinen Sämereien jedesmal 200, von grossen je 100 oder 50 verwendet werden, und zwar sollte jeder Versuch doppelt gemacht werden, damit man das Mittel beider Versuche als Ergebniss verzeichnen kann. Beträgt die Differenz zwischen den zwei Versuchen mehr als 10%, so ist der Versuch zu wiederholen.

Die Keimung kann nun in verschiedener Weise vorgenommen werden:

1. Die Samen kommen zwischen feuchte Lappen zu liegen. Diese legt man auf Glasplatten und damit die Lappen weniger rasch abtrocknen, kann man sie mit Wachsleinwand überdecken. Oder es können die Samen den feuchten Lappen oder einer feuchten Baumwollschichte (Watte) blos aufgelegt und mit Wachsleinwand bedeckt werden.

2. In gleicher Weise kann Filtrirpapier, in mehrfachen Lagen zusammengelegt, zu Keimversuchen verwendet werden.

3. Oder man legt die Samen in feuchten Sand und deckt dieselben nur ganz wenig zu; durch Bedeckung der Töpfe sorgt man zugleich dafür, dass die oberste Sandschicht nicht abtrocknet.

4. Es können flache Glastassen dazu verwendet werden, in welchen die Samen in einer ganz dünnen Wasserschicht liegen.

5. Man kann den Nobbe'schen Keimapparat verwenden.

6. Schliesslich können auch Sägespäne als Medium zur Aufnahme der Samen benutzt werden.

Wie nun die Keimprobe immer vorgenommen werden mag, in allen Fällen kann man entweder die Samen vorher durch 24 Stunden zum Anquellen bringen oder dies unterlassen. Wenn man glaubt, dass eingeweichte Samen früher keimen als solche, die blos zwischen feuchte Lappen gelegt werden, so ist man im Irrthum; nachdem es nun aber gar keinen Zweifel erleidet, dass beim Einquellen in wärmerem Wasser die Keimfähigkeit

verschiedener Samen schon innerhalb 24 Stunden eine Einbusse erleidet, sollte dies Einquellen lieber ganz unterlassen werden.

Der Nobbe'sche Keimapparat besteht aus mild gebranntem Thon, der nur an der Grundfläche und den Seitenflächen glasirt ist. Der Apparat ist von quadratischer Basis, 5 Centimeter hoch; Seitenlänge 20 Centimeter. Die sanft ansteigende Mulde in der Mitte, welche die Samen aufnimmt, hat einen Durchmesser von 10 Centimeter und ist 2 Centimeter tief. Diese Mulde ist durch einen 0·5 Centimeter breiten Wall von einem 3·5 Centimeter breiten und 3 Centimeter tiefen, kreisrunden Canal mit senkrechten Wänden getrennt; in den vier Ecken des Apparates befinden sich cylindrische Vertiefungen zur Aufnahme kleiner Glasgefässe mit Aetzkali zur Absorption der beim Keimen entwickelten Kohlensäure. Der Deckel greift mit seinen Rändern geräumig über, hat flache Vorsprünge an den vier Innenwinkeln, so dass er nicht dicht aufliegt und eine Luftcirculation gestattet. Eine runde Oeffnung in der Mitte des Deckels nimmt das eingesenkte Thermometer auf.

Vor dem Gebrauch wird der kreisrunde Canal mit Wasser gefüllt, welches von der Thonmasse begierig imbibirt wird. Das durch die Mulde gebildete Keimungsbett wird dadurch hinreichend feucht erhalten, um ein Keimen zu gestatten. Indess empfiehlt Nobbe, die Samen vor dem Einbringen in seinen Keimungsapparat durch 24 Stunden quellen zu lassen, weil sonst das Keimen sehr langsam vor sich geht.

Der Apparat ist etwas schwerfällig, und wenn viele Proben gleichzeitig zu machen sind, braucht man ebensoviele Keimplatten, die dann viel kosten und einen grossen Raum in Anspruch nehmen. Bei öfterem Gebrauch siedeln sich Schimmelpilze an und muss der Apparat behufs ihrer Tödtung ausgekocht werden, was sehr umständlich ist.

Zwischen Flanell-Lappen wie zwischen Filtrirpapier lässt sowohl die Vollständigkeit der Keimung, wie die Raschheit, mit der sie eintritt, nichts zu wünschen übrig. Ein Mangel an Luft kann nicht eintreten; selbst dann, wenn die Lappen sehr feucht sein sollten, werden die Samen immer noch mehr Sauerstoff zur Verfügung haben, als wenn sie in Wasser eingequellt würden; überdies hebt man ja die Lappen öfter ab, mindestens zweimal des Tages, um nachzusehen. Von einer schädlichen An-

sammlung der Kohlensäure kann aber umsoweniger die Rede sein, als man ja die Keimlinge sich nicht weiter ausbilden, sondern nur bis zum ersten Auftreten der Würzelchen entwickeln lässt. Auch das Keimen der Samen in feuchtem Sande lässt nur das zu wünschen übrig, dass die Keimung später bemerkt wird, daher die Probe etwas längere Zeit in Anspruch nimmt. Entschieden ungünstige Resultate erzielt man bei jenem Verfahren, wo man die Samen in flachen Glastassen in einer dünnen Wasserschicht liegen lässt, denn sie werden ausgelaugt, die ausgesüssten Stoffe aber geben in dem Wasser zur Bacterienbildung Anlass und von den Samen keimt unter allen Umständen ein weit geringerer Procentsatz.

Was die Temperatur betrifft, bei welcher die Keimversuche am besten verlaufen, so wäre es wohl behufs deren Abkürzung am besten, wenn das Temperatur-Optimum jeder zu prüfenden Samenart auf dieselbe einwirken möchte. Dies liesse sich am besten bewerkstelligen, wenn man Wärmekästen benützen würde, deren innerer Raum, welcher die Samen aufnimmt, constant auf solchen Temperaturen erhalten werden kann. Bei solchen Wärme- oder Keimkästen kann die Erwärmung entweder mit warmer Luft oder mit warmem Wasser erfolgen. Immer ist es ein cubischer oder parallelepipedischer Kasten mit Doppelwänden, zwischen welchen warme Luft durchstreicht oder eingefülltes Wasser erwärmt wird. Eine Bedingung, welche ein solcher Thermostat zu erfüllen hat, besteht auch darin, dass er eine gute Ventilation des Innenraumes gestatte. Die gesammte Innenfläche dieser Thermostaten strahlt Wärme aus, und soll die Temperatur an jedem Punkte des Innenraumes eine möglichst gleichförmige sein. Zu den ersteren Apparaten, bei welchen warme Luft zu Hilfe genommen wird, gehört der von mir construirte Wärmekasten, zu den letzteren gehört ein Thermostat, welchen J. Stainer construirte und dessen Leistungsfähigkeit gleichfalls nichts zu wünschen übrig lässt.

Für den praktischen Landwirth, der am Ende doch nur eine beschränkte Zahl von Keimproben auszuführen hat, sind solche Apparate meist schon zu kostspielig und er wird bei gewöhnlicher Zimmer-Temperatur, also bei 18 bis 28° C., seine Keimversuche vornehmen müssen. Im Sommer werden solche daher rascher, im Winter, in welchem die Temperatur auch des geheizten

Zimmers eine ungleichförmige ist, werden sie langsamer beendigt werden können. Wenn man im Winter nur jeweilig eine Probe zu prüfen hat, geschieht dies am raschesten mit Zuhilfenahme der Körperwärme, welche sich allerdings schon bei den meisten Samen über die Optima der betreffenden Keimungs-Temperaturen erhebt. Zwischen befeuchtete Lappen werden die Samen eingelegt, ein Umschlag von Wachsleinwand nimmt die Lappen auf, und dieser wird dann in der Brusttasche eines anliegenden Kleidungsstückes verwahrt. Man beendigt in solcher Weise einen Keimversuch mit Samen, der sonst 8 bis 10 Tage dauern würde, schon in zweimal 24 bis dreimal 24 Stunden.

Der Keimversuch wird nur in der Weise überwacht, dass der Zeitpunkt notirt wird, wann der Versuch begonnen hat, dass man täglich nachsieht und jene Samen herausgenommen werden, bei welchen das vorgestreckte Würzelchen eine bestimmte Länge, z. B. von 2 Millimeter erreicht hat. Die Zahl derselben wird zugleich notirt. Ueber die Resultate wird ein Vermerk geführt, welcher am besten eine tabellarische Einrichtung hat, z. B. wie nachstehende:

Bezeichnung der Samen- oder Fruchtart	Beginn des Versuches	Es haben gekeimt nach Tagen											Procentsatz der gekeimten S.	Mittl. Keimzeit in Tagen	Temperatur-Summe, die zum Keimen erforderlich war
		1 24° C.	2 24° C.	3 24° C.	4 25° C.	5 24° C.	6 23° C.	7	8	9	10	11			
Weizen . .	14/1.76	—	33	63	3	—	—	—	—	—	—	—	99	2·69	64·7°C.
Roggen . .	„	6	9	12	2	—	—	—	—	—	—	—	29	2·34	56·3° „
Gerste . .	„	—	84	3	1	1	—	—	—	—	—	—	89	2·09	50·2° „
Hafer . . .	„	—	47	48	3	2	—	—	—	—	—	—	100	2·60	61·24° „
Mais . .	„	—	—	29	13	3	1	—	—	—	—	—	46	3·48	83 8° „

Wie man sieht, kann man das Ergebniss in den letzten Spalten der Tabelle gleich eintragen, sowohl den Procentsatz der gekeimten Samen wie die mittlere Keimzeit in Tagen, und die erforderlich gewesene Temperatur-Summe; wird täglich nur einmal beobachtet, so kann man am besten die mittlere Keimzeit in Tagen ausdrücken; wird mehrmals des Tages die Beobachtung notirt, dann können die erforderlich gewesenen Stunden berechnet werden. Die Keimfähigkeit sowohl wie die Keimungs-Energie ergibt sich aus dem Procentsatz der keimfähigen Samen und der erforderlichen Keimzeit.

Frische gute Samen keimen gewöhnlich zu 100%, und zwar in verhältnissmässig kurzer Zeit. In Wirklichkeit wird man bei Samen, die durch Kauf erworben worden sind, einen weit geringeren Procentsatz keimfähig finden. Nobbe hat bei 3700 untersuchten Samenproben einen Procentsatz gefunden für:

	Minimum	Maximum	Durchschnitt
Wiesengräser	6·4	49·8	27·4
Getreide-Arten	45	95	81·5
Polygoneae	24	83	58
Compositen	35	86	59
Caryophylleae	65	99	65
Kreuzblüthler	52·5	98	87
Doldenpflanzen	12·2	55	34
Rosenblüthler	3	75	34
Kleeartige Gewächse	23	82	64·5
Hülsenfrüchtler	37	99	83
Kürbisfrüchtler	39	91	74

Samen von Klee-Arten, Getreide, Kreuzblüthlern lässt man gewöhnlich 10 Tage im Keimbett; die der Runkelrüben, Doldenpflanzen, Kürbisfrüchtler, Gräser 14 Tage; die bis dahin bei 18 bis 20° C. nicht gekeimt haben, sind meist gefault und nicht mehr keimfähig, es sei denn, dass sie nicht angequollen wären, was ihre Untersuchung am Ende des Versuchs constatiren lässt.

Ueber den Beginn und den Verlauf der Keimung verschiedener Samengattungen bei 16 bis 18° C. mögen folgende Angaben zur Orientirung dienen:

	Beginn der Keimung nach Tagen	Die grössere Hälfte der Samen ist gekeimt nach Tagen
Wiesengräser	3—5	5—8
Getreide-Arten	2—3	4—5
Liliaceae	2—3	5—6
Chenopodeae	2—4	5—7
Polygoneae	2—3	4—5
Compositae	2—3	3—4
Umbelliferae	4—6	8—12
Papaveraceae	2—3	3—4
Cruciferae	1—2	2—3
Cucurbitaceae	3—4	5—6
Caryophylleae	2—3	3—4
Malvaceae	3—4	5—6
Lineae	2—3	5—6
Rosaceae	2—3	5—6
Papilionaceae	2—3	3—4
Kleeartige Hülsenfrüchte	2—4	5—7

Sobald die Mehrzahl der zu untersuchenden Samen bei dieser Temperatur nicht zum Keimen gelangt, wird man eine geschwächte Keimungs-Energie voraussetzen dürfen und zwar im geraden Verhältniss zur Verzögerung, mit welcher das Keimen eintritt.

Bezüglich der Keimungsversuche mit Runkelrüben-Samen ist zu bemerken, dass dieselben einen Knäuel von 1—6 Einzelnfrüchten enthalten. In der Praxis pflegt man auf einen Knäuel durchschnittlich 3 Keimpflänzchen zu rechnen. Diese Schätzung ist zu hoch. Nach Nobbe's Versuchen erhielt er aus 100 Runkelfruchtknäueln höchstens 266, mindestens 13, im Durchschnitt 171 Keimlinge, so dass also auf einen Knäuel nicht ganz zwei Keimlinge im Durchschnitt gerechnet werden können.

VIERTER ABSCHNITT.

Subjective Merkmale zur Beurtheilung des Saatgutes.

Ausser den bisher angeführten Merkmalen, welche durch Messungen und Zählungen constatirt werden, gibt es noch Merkmale, deren Einfluss der subjectiven Schätzung überlassen bleibt. Solche bestehen: in der Vollkörnigkeit, der Farbe, im Glanz und im Geruch.

Die Vollkörnigkeit ergibt sich aus der äusseren Rundung und Fülle des Samens. Sie hat vorzugsweise Bedeutung bei Beurtheilung der Getreide-Arten und Schmetterlingsblüthler; bei hartschaligen Samen und Früchten hat dies Merkmal keinen Werth, denn wenn sie auch taub sind, können sie doch äusserlich hart und voll erscheinen.

Die Farbe kann mitunter zur Beurtheilung des Reifegrades und des Alters benützt werden, ohne dass es gerechtfertigt wäre, diesen Factor ganz besonders zu berücksichtigen. Beim Rothklee liebt man eine tiefviolette Farbe, welche nur die Spitze frei lässt, die eine gelbe oder lichtgraue Färbung zeigen soll; beim schwedischen und weissen Klee hat eine schön grüne oder gelbe Farbennuance den Vorzug; Erbsen sollen keine braune, sondern eine blonde Farbe haben. Bei der Gerste zieht man eine licht-strohgelbe Farbe einer dunklen schwefelgelben vor.

Ein gewisser Glanz hat, wenn er echt ist, einen Werth für die Samen der Klee-Arten. Denn eine künstliche Herstellung des Glanzes ist durch's Oelen leicht möglich. Mit wenig Oel, einigen Dekagramm, lässt sich einem ganzen Centner Kleesamen ein tadelloser Glanz verleihen. Für Getreide und Raps pflegen 0·05 bis 0·2 Liter Rapsöl auf 1 Hektol. verwendet zu werden. Doch kann ein derartiger Betrug leicht nachgewiesen werden. Man braucht nur derart geölte Samen in einem enghalsigen Glaskolben mit siedendem Wasser zu übergiessen, und es sammeln sich Oeltropfen an der Oberfläche. Schüttelt man die Samen mit warmem absoluten Alkohol oder Aether und setzt dem Filtrat reines Wasser zu, so entsteht eine bleibende milchweisse Trübung. Mit einer verdünnten Natronlösung geben geölte Samen zu einer Seifebildung Anlass, welche sich in Form von Schaum und als weissliche Trübung erkennen lässt.

Ueber den Einfluss des Oelens auf Weizen hat kürzlich Isidor Pierre Versuche unternommen, wobei die Dosis Oel, welche er zusetzte, zwischen 12 bis 500 Gr. pro Hektol. variirte. Er erhielt das Resultat, dass geölte Samen einen besseren Griff besitzen, sich besser zusammenlegen und einen sehr schönen Glanz bekommen. Das Hektolitergewicht kann bei geölten Samen um 3 bis 7% zunehmen. Wenn also nach dem Gewichte verkauft wird, so hat der Verkäufer keinen Vortheil, weil das gleiche Oelgewicht einen höheren Preis hat als ein gleiches Gewicht Weizen. Verkauft er nach dem Hektolitermass, so hat er Schaden, und er könnte daher nur dann seine Rechnung finden, wenn die Waare wegen des besseren Aussehens zu einem besseren Preis gezahlt würde. Die vorgenommenen Keimversuche zeigten keine Beeinträchtigung der Keimfähigkeit.

Was den Geruch betrifft, so wird ein solcher bei normalen Samen nur dann wahrzunehmen sein, wenn dieselben einen wenn auch geringen Gehalt an ätherischem Oele besitzen. Ein anderweitiger unangenehmer, dumpfer Geruch wird immer durch den Einfluss der Schimmelpilze oder Brandpilze bewirkt, deren Anwesenheit stets ein Zeichen einer schlechten Aufbewahrung an feuchten Orten ist. Derart übelriechende Samen werden, mit reinem Wasser abgewaschen, in dem Bodensatz des Waschwassers immer die Sporen von Brand- und Schimmelpilzen auffinden lassen.

Weil die Schimmelpilze mit ihren Mycelien auch in's Innere der Samen eindringen und den Inhalt derselben angreifen, wird auch der Geschmack der verschimmelten Samen ein anderer sein. Aber auch die rein chemische Wirkung des Sauerstoffes kann den Geschmack ändern, indem sie fette Oele ranzig macht. Ein ranziger Geschmack ölhaltiger Samen ist demnach immer als ein sicheres Merkmal ihres Verderbens und des Verlustes ihrer Keimfähigkeit anzusehen.

Diese subjectiven Merkmale gewinnen nur dann eine Bedeutung, wenn sie mit allen übrigen zusammengehalten werden; wollte man sie allein benützen, so würden sie oft zu groben Täuschungen Anlass geben.

VIERTES HAUPTSTÜCK.

Sortirung, Reinigung und Aufbewahrung des Samens.

ERSTER ABSCHNITT.

Sortirung und Reinigung des Samens.

Das Sortiren und Reinigen der Samen kann durch verschiedene Vorrichtungen erfolgen. Das Sortiren nimmt man vor, um grössere oder schwerere Körner von kleineren und leichteren zu trennen; die Reinigung wird zur Ausscheidung aller fremden Bestandtheile und der unreifen, tauben Körner vorgenommen. Beide Operationen können wohl auch gleichzeitig durch das gleiche Hilfsmittel erreicht werden. Solche Hilfsmittel sind:

1. Durchlöcherte Flächen (Siebe aller Art). 2. Gezellte Flächen. 3. Flüssigkeiten verschiedener Dichte. 4. Luftströmungen. 5. Schüttelnde Flächen. 6. Geneigte Flächen.

1. Siebe.

Die Siebe können runde, quadratische oder längliche Oeffnungen besitzen. Bei runden Samen wird die Trennung und Sortirung verschieden grosser Samen offenbar durch erstere am besten stattfinden. Haben aber die Samen längs und quer

verschiedene Durchmesser, dann sind letztere vorzuziehen. Ist Leinseide vom Leinsamen zu trennen, dann benütze man Siebe mit runden Löchern. Roggen und Serradella trennt man durch Siebe mit schlitzförmigen Oeffnungen; denn der Roggen besitzt einen Querdurchmesser von 1·8 bis 2·9 Millimeter, Serradella nur einen von 0·6 bis 1·1 Millimeter, während die Längendurchmesser weniger abweichen.

Hafer und Linsen haben nahezu gleiche kleinste Durchmesser, können also mit Sieben, die längliche Oeffnungen haben, nicht getrennt werden, wohl aber durch Siebe mit runden oder quadratischen Oeffnungen. Das Princip ist als ein richtiges anzuerkennen, wenn bei einzelnen neueren Sieb-Constructionen (z. B. Penney-Cylindersieb) die langen Oeffnungen unbegrenzt bleiben.

Runde und polygonale Oeffnungen wirken gleich; die Siebe mit quadratischen Oeffnungen wirken nicht innerhalb so enger Grenzen, weil die Seitenlängen und die Diagonalen der quadratischen Oeffnungen merkbar differiren. Nur bei runden Samen wird die Leistung der Netzsiebe und der Lochsiebe übereinstimmen, sobald aber die Samen eine längliche Form besitzen, werden die Drahtsiebe den Sieben mit Rundlöchern nachstehen. Doch kommt den Sieben, die aus Draht hergestellt sind, ihre natürliche Unebenheit zu statten, welche die Samen nöthigt, ihre Lage zu verändern, wobei sie eher in die zum Durchfallen richtige Lage gelangen. Die Wahrscheinlichkeit, diese Lage zu treffen, steigt mit der Länge der Siebfläche, daher das Bestreben, die Siebe möglichst zu verlängern. Die quantitative Leistung wird erhöht, wenn die Siebfläche den möglichst geringsten todten Raum besitzt.

Wenn die Samen feuchter sind, so quellen sie an und müssen dann mit anderen Sieben sortirt werden; dadurch wird die Zahl der Fälle, in denen man ein Sieb für verschiedene Samen verwenden kann, erhöht.

Von den verschiedenen hiehergehörigen Sortir- und Reinigungsmaschinen sei hier blos einiger Erwähnung gethan.

Pernollet's Sortirmaschine *(Crible trieur)* besitzt einen Reinigungscylinder mit mehreren Abtheilungen, welche eine verschiedenartige Durchlöcherung besitzen, Löcher und Spalten in verschiedener Lage.

Die Penney'sche Reinigungstrommel besteht gleichfalls aus mehreren Abtheilungen. Die Zwischenräume der spiralig gewundenen Drähte sind für jede Abtheilung unabhängig für sich beliebig verstellbar. Es lassen sich drei Samensortimente bis zur Erbsen- und Bohnengrösse hinauf gleichzeitig herstellen.

Die gewöhnlichen Putzmühlen vereinigen die Siebwirkung mit der eines Luftstromes, welcher durch Windflügel hervorgebracht wird. Gleichzeitig sind in einer solchen Putzmaschine drei Siebe in Thätigkeit, doch besitzt jede solche Putzmühle für Samen verschiedener Grösse einen Satz von zwölf Drahtsieben, deren Maschen quadratisch sind.

2. Gezellte Flächen.

Dieses Princip ist in sinnreicher Weise bei der L'Huillier'schen Sortirmaschine zur Anwendung gebracht. Es passirt nämlich das Samengemenge bei diesen Maschinen einen um seine Axe rotirenden Reinigungs-Cylinder; derselbe ist an seiner inneren Fläche mit Vertiefungen (Zellen) versehen, in welchen die auszuscheidenden runden Unkraut-Samen (Raden, Wicken, Klebkraut) liegen bleiben. Die Körner, welche sich in diesen Zellen einlagern, werden bei der Umdrehung des Cylinders gehoben und fallen in eine Rinne, aus welcher sie schon durch die Neigung des Cylinders entleert werden, oder es ist auch zu diesem Behufe eine archimedische Schraube angebracht. Um das Festklemmen der Körner in den Zellen zu verhüten, schlägt ein Hammer bei jeder Umdrehung des Cylinders auf einen verstärkten schmiedeisernen Ring des Cylinders so stark, dass sämmtliche Körner aus den Zellen in die Rinne fallen. Körner, welche sich in den Zellen einlagern und herausragen, werden, bevor sie nach oben gehoben werden, durch „Abstreicher" zurückgehalten.

3. Flüssigkeiten von verschiedener Dichte.

Zu ihrer Herstellung können folgende Salze Verwendung finden:

Chlorcalcium,	spec.	Gewicht	einer	concentrirten	Lösung	bei	19° C.	0·170
Chlorkalium,	„	„	„	„	„	„	19° „	0·420
Kalisalpeter,	„	„	„	„	„	„	19° „	0·277
Natronsalpeter,	„	„	„	„	„	„	19° „	0·132
Kochsalz,	„	„	„	„	„	„	19° „	0·155
Kohlensaures Kali,	sp.	„	„	„	„	„	19° „	0·448

Im Grossen ist die Anwendung zu umständlich und auch zu kostspielig. Im Kleinen kann es mitunter für Versuche wünschenswerth sein, die specifisch leichtesten und schwersten Körner zu sortiren oder auch mittelst Lösungen von bekanntem specifischen Gewichte das specifische Gewicht der Körner zu bestimmen.

Wolffenstein hat auch einen Apparat zu dem Zwecke construirt, um mittelst Salzlösungen die schwereren Körner zu trennen. Derselbe gestattet, die untergesunkenen Körner sowohl wie die obenauf schwimmenden allsogleich herauszuschaffen, wobei das Trocknen leichter erfolgt und auch die Salzlösung keinen die Keimfähigkeit schädigenden Einfluss nehmen kann. Weil Chlorcalcium sehr hygroskopisch ist und nicht trocknet, müsste man erst die Abwaschung der an den Körnern haftenden Lösung vornehmen.

4. Luftströmungen.

Durch Luftströmungen können wohl Staub, Stroh, Spreu und dergleichen leichte Körper entfernt werden, eine Trennung der wichtigeren und schädlicheren Unkrautsamen kann aber durch den Wind nicht erzielt werden. Entweder wird die natürlich bewegte Luft benützt oder es wird ein künstlicher Luftstrom durch Ventilatoren hervorgebracht. Wenn wir das zu reinigende Getreide im Freien oder auf der einem lebhaften Luftzug ausgesetzten Tenne in der Scheuer vertical in die Höhe „werfen", so werden alle leichteren Theile weiter fortgetragen, das schwerere Saatgut fällt fast senkrecht wieder zurück. Die mehr abseits liegenden Spreu- und anderen Gemengtheile werden mit einem fächerartig gebundenen Besen „abgefiedert". Wird ein künstlicher Luftstrom durch einen Ventilator erzeugt, so wirkt entweder ein horizontaler Luftstrom seitlich ein oder der Strom, der durch Blasen oder durch Saugen erzeugt wird, kommt den fallenden Samen entgegen.

Mit dem „Werfen" des Getreides, wobei durch Mithilfe des Windes eine Reinigung des Samens beabsichtigt und theilweise auch erzielt wird, ist das „Worfeln" nicht zu verwechseln. Dasselbe besteht vielmehr darin, dass man das zu sortirende Saatgut in schiefer Richtung gegen den Wind wirft. Dabei bildet sich ein breites Band, in dessen verschiedenen Abschnitten

sich Körner verschiedener Qualität befinden. Die Samen haben sich dabei nach dem Gesetze sortirt, dass, wenn Körper unter bestimmten Winkeln mit bestimmter Geschwindigkeit einem Luftstrom von bestimmter Geschwindigkeit entgegengeworfen werden, die Wurfweiten im geraden Verhältnisse zu den absoluten Gewichten, aber im umgekehrten Verhältnisse zu ihrer Oberfläche grösser oder kleiner werden. In den Vorsprung gelangen durch dieses Verfahren also diejenigen Körner, welche das grösste absolute Gewicht mit der geringsten Oberfläche besitzen. Bei gleichartigen Samen sind dies die specifisch schwereren.

5. Schüttelnde Flächen.

Eine weit verbreitete und alte Methode, um bestimmte Sortirungen vorzunehmen, besteht im Schütteln des Saatgutes.

Theoretische Gründe und praktische Erfahrungen führen zu dem Schluss, dass mit steigendem specifischen und absoluten Gewicht, mit abnehmender Grösse, mit einer Form, die ein möglichst zwischenraumfreies Aneinanderliegen gestattet, mit zunehmender Festigkeit und Glätte der Oberfläche eine Tendenz der geschüttelten Körner besteht und sich steigert, in dem Gemenge nach unten zu gelangen. Jene Körper, welche die entgegengesetzten Eigenschaften besitzen, steigen an die Oberfläche.

Die gewöhnliche Methode, in hölzernen Mulden die Samen zu schütteln, liefert aber sehr unvollkommene Resultate, sie eignet sich fast nur dazu, fremde Körper, Stroh, Aehren, Spreu, sowie Unkrautsamen leichterer Beschaffenheit abzuscheiden.

Weit besser arbeiten die Schüttelsortirmaschinen von Hignette und Josse. Bei diesen werden nicht nur horizontale Stösse ertheilt, sondern das Gemenge sinkt auch eine schiefe Ebene hinab und die Stösse werden durch winkelig gestellte Flächen modificirt.

6. Geneigte Flächen.

Auch schiefe Flächen, Bretter, Tischflächen, Glastafeln u. s. w. kann man dazu benützen, um Samen zu sortiren. Denn manche rollen, andere gleiten, andere bleiben in Folge verschieden grosser Reibung liegen. Es kann bei solchem Ver-

fahren, das bei der Auslese der Unkrautsamen aus kleinen Proben mit Vortheil angewendet wird, der Neigungswinkel der schiefen Ebene verändert oder auch die Beschaffenheit der Oberfläche modificirt werden.

ZWEITER ABSCHNITT.

Aufbewahrung des Samens.

Während die Landwirthschaft in allen ihren Zweigen im Laufe der Zeiten wesentliche, den Fortschritt befördernde Veränderungen durchgemacht hat und man mit vollem Rechte eine moderne Landwirthschaft der antiken oder selbst jener unserer Väter und Vorväter gegenüberstellt, sind bezüglich der Aufbewahrung der Samen die gegenwärtig üblichen Methoden von jenen in den ältesten Zeiten gebräuchlichen im Wesentlichen wenig verschieden.

Die alten Griechen bewahrten nach Hesiod ihr Getreide in Fässern, in irdenen Geschirren oder in Körben in der Scheuer auf. Nach Xenophon benützten in Attica die kleinen Wirthschaften die trockensten Abtheilungen des Wohnhauses zur Aufbewahrung ihrer Getreidevorräthe. In den Ländern des mittelländischen Meeres mochte sich schon sehr frühzeitig der Gebrauch der Aufbewahrung in Erdgruben eingebürgert und sich von hier aus über alle jene Gegenden verbreitet haben, wo die Vegetation der Culturpflanzen nur durch künstliche Bewässerung zu ermöglichen ist, ohne diese aber der Boden durch die spärlichen Niederschläge nie auf grössere Tiefen durchfeuchtet wird. Im südlichen Europa, wie im nördlichen Afrika, in Kleinasien wie in Centralasien waren die klimatischen Verhältnisse dieser Aufbewahrungsmethode seit jeher ausnehmend günstig, weshalb wir in denselben den Gebrauch der Fruchtgruben schon in Zeiten eingeführt vermuthen, zu welchen die Geschichte nicht mehr hinaufreicht. Auch die Römer kannten diese in die Erde versenkten Fruchtbehälter und verbreiteten sie unter den von ihnen besiegten Völkern. Wahrscheinlich ist es, dass die angeblich von den Spaniern herrührende Bezeichnung dieser unterirdischen Fruchtbehälter:

„Silo", mit dem schon von Varro erwähnten „σειρους" zusammenhängen dürfte. Die Römer hatten aber auch oberirdische Getreidespeicher „Horrea", von welchen die für öffentliche Zwecke bestimmten von riesiger Grösse waren.

Alle Einrichtungen aber, wie solche zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenen Völkern hinsichtlich der Aufbewahrung des Getreides üblich gewesen und es noch sind, beruhen entweder auf dem Grundsatze eines möglichst vollständigen Abschlusses der atmosphärischen Luft, oder auf dem Grundsatze des geraden Gegentheiles, nämlich dem einer möglichst ausgiebigen und ununterbrochenen Lüftung.

Die Anlage der „Silo" bezweckte offenbar den Luftabschluss, die Errichtung oberirdischer Speicher aber sollte den entgegengesetzten Zweck, den einer ausreichenden Lüftung, am leichtesten erreichen lassen.

Wo, wie im Steppenklima, die spärlichen Regen den Boden nie bis zu einer grösseren Tiefe durchfeuchten; wo zugleich die Samen trocken geerntet werden; wo es ferner an Baumaterial, an Holz und an Steinen gebricht: da ist die Aufbewahrung des Getreides in Erdgruben unbedingt jeder anderen Aufbewahrungsmethode vorzuziehen, denn sie ist nicht nur die zweckmässigste und sicherste, sondern auch die billigste.

Wo aber die Samen und Körnerfrüchte unserer Culturpflanzen mit einem grösseren Gehalte an Feuchtigkeit geerntet werden, wo der Boden durch ausgiebigere Regen auf eine grössere Tiefe durchfeuchtet wird oder die Feuchtigkeit von unten her durch Capillarität zugeführt erhält: dort würde die unterirdische Aufbewahrung der Samenvorräthe höchst verwerflich sein. Schon im Tieflande Ungarns, dessen klimatischer und Vegetations-Charakter eine unleugbare Verwandtschaft mit dem der Steppen Südrusslands besitzt, ist die Verwendung von „Silos" bedenklich, ist auch mit den Fortschritten der Landwirthschaft in merkbarem Rückgange begriffen. Gegenwärtig aber sind sie noch häufig genug, sowohl im kleinen wie im grossen ungarischen Flachlande. Ihre Construction ist eine sehr einfache. An erhöhten Punkten des Terrains innerhalb oder ausserhalb der Ortschaften, wo ein rascher Ablauf des Regenwassers möglich ist, wird eine Grube von 3—5 Meter Tiefe in Flaschenform ausgegraben. Oberseits öffnet sich dieselbe

mit einem 1—1·4 Meter langen, 0·5 Meter weiten Halse, unterseits erweitert sie sich auf 3—4 Meter, so dass sie wohl 150 bis 500 Hektoliter zu fassen vermag. Einige Tage vor dem Gebrauche werden diese Gruben mit Stroh durch 12—15 Stunden ausgebrannt, nach ihrem Erkalten durch einen auf den Boden hinabgelassenen Arbeiter von Asche gereinigt und mit trockenem Stroh nicht nur am Boden, sondern auch an den Seitenwänden mittelst Reifen und Holznägel austapezirt; statt des Strohs wird wohl auch Schilfrohr verwendet. Nun wird die Frucht bis an den Hals der Grube eingefüllt, während der Füllung gleichmässig vertheilt, worauf man den unteren Theil des Silohalses mit einem dicken Strohgeflecht, den oberen mit festgestampfter Erde ausfüllt. Zum Schlusse wird noch die obere Oeffnung der Fruchtgrube mit einem 1 Meter hohen, mit Rasen bekleideten Erdhaufen überdeckt. Dieser erleichtert das Auffinden der Oeffnung und hält das Eindringen des Regenwassers ab.

Auf grösseren Gütern des ungarischen Tieflandes hat man vor einigen Jahrzehnten wohl noch grössere solcher unterirdischer Fruchtbehälter hergestellt, die, mit glasirten Backsteinen ausgemauert, zwar kostspieliger, aber auch trockener waren. Man legte sie unter trockenen Hügeln an, wo sie reihenweise an- und nebeneinander zu liegen kamen, mittelst unterirdischer Gänge und Thüren mit einander in Verbindung gebracht waren und durch ein darüber aufgeführtes Gebäude vor der nachtheiligen Wirkung anhaltender Regen geschützt wurden.

Die nachtheiligen Folgen dieser Aufbewahrungs-Methode blieben aber an vielen Orten und in verschiedenen Jahrgängen nicht aus. Es kam vor, dass die Frucht in zu feuchtem Zustande eingefüllt wurde, und in solchem verdarb sie dann auch in völlig trockenen Gruben. Oder das Getreide wurde zwar trocken eingebracht, der Boden aber, welcher die Silo-Wände bildete, war mehr oder weniger feucht; unter solchen Umständen musste die Luft in der Grube, namentlich bei sinkender Temperatur, vollständig mit Feuchtigkeit gesättigt sein und ein Verderbniss der Frucht war wieder unvermeidlich. So war das Verschimmeln und das sogenannte Verdumpfen des Getreides, sein Erdgeruch bei Benützung der Silos ganz gewöhnlich; es stand gegenüber dem oberirdisch aufbewahrten deshalb um den

fünften, selbst vierten Theil niedriger im Preise, zeigte auch eine verminderte Keimfähigkeit, und zwar in Folge chemischer Zersetzungen, die nicht selten von einer Ansammlung schädlicher, das Leben der Arbeiter bedrohenden Gase begleitet waren.

Aehnliche Erfahrungen zu Ungunsten der Silos machte man auch in Frankreich. Immer mehr lichteten sich die Anhänger der Aufbewahrungsmethode bei Luftabschluss, bis sie endlich ganz verstummten.

Ich übergehe hier die Einrichtung der gewöhnlichen Getreidespeicher, deren Einrichtung jedem Landwirth zur Genüge bekannt ist, und berühre nur flüchtig die mit ihrem Gebrauche verbundenen Nachtheile.

Zunächst ist zu bemerken, dass von dem grossen Raum, den solche Speicher umschliessen, kaum der zehnte Theil dem eigentlichen Zwecke dienstbar ist, was natürlich den Aufwand für die Herstellung des erforderlichen Schüttbodenraumes ausserordentlich erhöht. Dabei ist die Manipulation des Auf- und Abtragens der Vorräthe umständlich und kostspielig, die Reinhaltung erschwert, der Aufwand für das häufige Umschaufeln der Getreidehaufen nicht unbedeutend. Dazu kommt, dass, weil die in solch' offenen Räumen aufbewahrten Samenvorräthe allen Schwankungen der Luftfeuchte ausgesetzt sind, auch die Dauer der Keimfähigkeit derselben sehr verkürzt wird. Diese offenen Speicher gestatten auch allen getreideschädlichen Insecten freien Zutritt und gewähren ihnen in ihren zahllosen Schlupfwinkeln sicheren Unterstand. Zu alledem kommt die Feuersgefahr, von welcher auch das solideste Bauwerk stets bedroht ist.

Man hat diese Nachtheile der gewöhnlichen Fruchtspeicher nicht übersehen und ist man in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts eifrig bemüht gewesen, durch neue Constructionen diesen Mängeln zu begegnen. Zu diesen letzteren gehört namentlich Vallery's Grenier mobile; ferner Sinclair's Getreidethurm, ein parallelepipedischer, oberseits überwölbter oder mit einem Dache versehener Bau, dessen innerer Fruchtraum, von zahlreichen Luftrinnen quer durchsetzt, den Abfluss des Getreides durch einen unterseits befindlichen grossen Trichter gestattet. In den Jahren 1820 bis 1840 sind in Ungarn auf zahlreichen grossen Gütern solche Sinclair'sche Getreidethürme erbaut worden, und zwar in mannigfachster Weise modificirt, wobei

man selbst die Aufspeicherung von mehreren Fruchtgattungen in mehrfächerigen Thürmen versuchte und das mittlere Fach zur Herstellung einer Aufzugsvorrichtung benützte.

Doch alle diese theilweisen Abänderungen vermochten den Sinclair'schen Getreidethürmen keine allgemeine Verbreitung zu verschaffen. Die Herstellungskosten derselben blieben beträchtliche, ihre Benützung eine umständliche, ohne dass durch sie, was eben der Hauptpunkt ist, die Sicherheit der Aufbewahrung und Erhaltung der Samenvorräthe wesentlich gefördert worden wäre.

Auch die neueren Erfindungen, welche die bessere Aufbewahrung der Getreidevorräthe bezwecken sollten, kamen zu keiner allgemeinen Anwendung. So hatte Emile Pavy zu Chateau du Clayeau in Frankreich diesbezügliche Modelle in verschiedenen Grössen auf der Wiener Weltausstellung gezeigt. Die Apparate bestehen aus hohen Cylindern, die bei kleineren Dimensionen aus Blech gefertigt, bei grossen aus Ziegeln aufgemauert sind. Oberseits befindet sich ein conischer Deckel mit einem Rohr in der Mitte, durch welches die Füllung erfolgt, unterseits befinden sich genau calibrirte Messgefässe, so dass stets bestimmte Samenmengen aus dem Behälter abgelassen werden können. Seitlich sind Oeffnungen zum Durchlüften angebracht. Im Inneren lagert auf dem Getreide ein kreuzförmiger Schwimmer, welcher den Stand des Getreides auch von aussen ersichtlich macht.

Wie bei den Sinclair'schen Thürmen, besteht der Hauptvortheil des Pavy'schen „Conservateurs" darin, dass sich beim Ablassen einer kleinen Partie die ganze Masse in Bewegung setzt; aber die Kosten sind bedeutende, indem ein Apparat von nur 10 Hektoliter Fassungsraum nicht weniger als 300 Francs kostet. In Marseille und Alexandrien hat Pavy derartige grössere Behälter aus Mauerwerk aufgeführt, die im Durchmesser 4, in der Höhe 20 Meter messen und über 2500 Hektoliter fassen.

Man ersieht aus diesen Darstellungen, dass die Verbesserungen der Einrichtungen für die Aufbewahrung der Samen bei fortdauerndem Luftzutritt sich immer nur um die Form, das Material und seine Anordnung drehten, eine Aenderung des Princips aber nicht versucht wurde. Man sah ein, dass für die

Samenvorräthe, wie solche im grössten Theile von Europa zur Aufbewahrung gelangen, eine Aufbewahrung bei hermetischem Abschlusse verderblich sei, andererseits aber verkannte man auch nicht die Uebelstände der gewöhnlichen Getreidespeicher, ohne dass es aber den fortgesetzten Bemühungen der landwirthschaftlichen Baukünstler gelungen wäre, durch die neuen Constructionen mehr als nur die nebensächlichen Mängel zu beseitigen. Das Hauptübel des Luftzutrittes blieb bestehen, auch die Angriffe der Kornkäfer wurden nicht vermindert; wenn etwa Getreide zur Aufbewahrung kam, das bereits mit den Eiern oder Larven derselben inficirt war.

Wenn wir uns daran erinnern, dass die Samen aller landwirthschaftlichen Culturpflanzen durch längere Zeit bei einer Temperatur von 50 bis 60°C. getrocknet werden können, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüssen, dass derart künstlich getrocknete Samen, luftdicht verschlossen, ohne Nachtheil aufbewahrt werden können und gerade bei einer solchen Aufbewahrung ihre Keimfähigkeit sehr gut durch viele Jahre conserviren, so wird damit eine Aufbewahrungsmethode angedeutet, die, bisher noch nirgends eingeführt, dennoch unter allen Aufbewahrungsmethoden die meisten Vortheile gewähren würde. Dass man überhaupt die Samen- und Getreidevorräthe behufs besserer Aufbewahrung künstlich zu trocknen sucht, kommt wohl in verschiedenen Ländern vor. In Schweden und Norwegen, sowie in den Ostseeprovinzen wird das Getreide vor dem Ausdrusche in Trockenhäusern mit Zuhilfenahme künstlicher Wärme getrocknet; namentlich geschieht dies auch mit dem berühmten russischen Leinsamen, der, nachdem die Samenkapseln vollständig gereift sind, auf dem Felde gedörrt und bis zum Frühjahre in Gebünden aufbewahrt wird, worauf die Samen erdroschen, in Fässer verpackt und drei Jahre lang liegen gelassen werden.

In den östlichen Ländern Oesterreichs, z. B. in Galizien und in der Bukowina, wo der Mais auf dem Dachraume aufbewahrt, vom Rauch des darunter befindlichen Feuerherdes durchzogen wird, da erfolgt gleichfalls eine künstliche Trocknung der Maiskolben, deren Körner ihre Keimfähigkeit deshalb auch viel besser erhalten.

In südlichen Gegenden, z. B. in dem Küstenlande Oesterreichs, begegnet man einer anderen Methode. Da werden in den

Wirthschaftshöfen grosse mit Quadern ausgepflasterte quadratische oder rechteckige Flächen hergestellt, welche 1 bis 2 Decimeter tief eingesenkt sind. In diesen wird das beim Ausdrusch noch feuchte Getreide in dünnen Schichten ausgebreitet und der trocknenden Wirkung der heissen Sonnenstrahlen ausgesetzt; Abends wird es in kleinen Haufen zusammengethan und zugedeckt, um ein etwaiges Bethauen der Körner in der Nacht zu verhüten, worauf am nächsten Tage bei heiterem Wetter, wenn erforderlich, die Trocknung in gleicher Weise fortgesetzt wird.

Auch bei dem Klengverfahren der Forstwirthe wird eine künstliche Trocknung der Samen der Nadelhölzer vorgenommen. Bei den Schwarzkiefern setzt man die Samen einer Temperatur von 40 bis 46° C., bei der gemeinen Kiefer und Fichte vorübergehend einer solchen von 50 bis 60° C. aus. In ähnlicher Weise wird der Lein in England geräuchert.

Bei kleinen Samenvorräthen, wie solche der Gärtner besitzt, würde das Trocknen gewiss keinerlei Schwierigkeiten bereiten. Darrvorrichtungen, wie solche für das Trocknen des Obstes Verwendung finden, würden auch zur künstlichen Trocknung der von den Gärtnern gewonnenen Sämereien mit Vortheil in Anspruch genommen werden können. Da nur eine mässige Erwärmung bis auf 50 bis 60° C. vorgenommen zu werden brauchte, könnte man in einem Tage den Trockenraum zweimal mit frischen Samen beschicken, die Operation ginge also schnell von statten und würde nicht viel kosten. Auch die nachfolgende Aufbewahrung in luftdicht verschlossenen Flaschen oder Blechgefässen, die nach erfolgter Füllung verlöthet würden, dürfte keine grossen Schwierigkeiten bereiten. Um so eher könnten derartig umständlich scheinende Operationen Platz greifen, als in manchen Jahrgängen gewisse werthvolle Sämereien sehr gut gedeihen, deren Werth aber mit zunehmendem Alter bei gewöhnlicher Aufbewahrung sich in steigendem Verhältnisse vermindert.

Es frägt sich nun weiter, ob auch für den Landwirth, der grössere Samenvorräthe aufzubewahren hat, eine solche künstliche Trocknung durchführbar erscheint? Nachdem es sich bei seinen Sämereien meist nur um die Entfernung von 4 bis 6% Feuchtigkeit handelt, damit dieselben in hermetisch geschlossenen Räumen aufbewahrt werden können, dürfte eine solche Austrocknung mit nicht sehr grossen Kosten verbunden sein. Die

Malzdarren in den Brauereien und Malzfabriken haben aus dem Grünmalz nicht weniger als 50 bis 60% Feuchtigkeit zu entfernen, also eine viel grössere Arbeit zu leisten, die sowohl längere Zeit in Anspruch nimmt, als auch grössere Kosten verursacht. Es müssten also entweder in jeder Wirthschaft ähnliche Darren eingerichtet werden oder es könnte auch der Getreide-Trocknungsapparat von Davey, Pasmann & Comp. in Colchester bei diesem künstlichen Trocknen der Samen gute Dienste leisten. Dieser Apparat bewirkt die Trocknung des Getreides durch warme Luft, indem das vorwärts geschobene Getreide mit dem warmen Luftstrom zusammenkommt. Er consumirt 1 Pfund Kohle auf 2 Bushel Weizen und besitzt, je nach der Grösse des Apparates, eine Leistungsfähigkeit von 12 bis 40 Bushel pro Stunde. Die Heizung erfolgt mit Dampf, welcher von einem Dampfkessel zugeleitet wird. Die Dampfmaschine, welche die Dreschmaschine in Bewegung setzt, könnte gleichzeitig zum Betrieb des Fördermechanismus Verwendung finden.

Aber auch die Herstellung gemauerter, luftdicht verschliessbarer Räume zur Aufbewahrung des getrockneten Getreides, die an der Innenwand mit Cement oder mit Asphalt belegt wären und die Form eines Parallelepipeds besässen, würde keine grossen Kosten verursachen. Unterseits würden sich diese Räume zu einem Trichter verjüngen, aus welchem der Abfluss des eingelagerten Getreides erfolgte. Oberseits geschähe die Füllung auch durch eine cylindrische, hermetisch verschliessbare Oeffnung. Ein parallelepipedischer Raum mit einer Grundfläche von nur 4 Quadratmeter und einer Höhe von 5 Meter würde schon 200 Hektoliter einzulagern gestatten. Solcher Behälter liessen sich aber in einem Bauwerke mehrere neben einander für die verschiedenen Getreide-Arten herstellen; oberseits würde es durch ein Dach geschützt, unterseits könnte ein Durchgang hergestellt werden und das Getreide könnte gleich direct in die Säcke abgelassen werden. Ein Aufzug würde die von oben stattfindende Füllung der Behälter erleichtern.

In der Hauptsache würde sich erreichen lassen:

1. Eine weit vollkommenere Aufbewahrung der Körnervorräthe, als dies bisher bei der gewöhnlichen Aufbewahrungsmethode der Fall war;

2. es würde ein vollkommener Schutz gegen jegliches Ungeziefer gefunden;

3. gegen jegliche Feuersgefahr wäre vollkommene Sicherheit geboten;

4. während der Aufbewahrung entfiele jegliche Manipulation, somit würde an Kosten erspart.

Die Frage über die zweckmässigste Construction solcher oberirdischer Silos und die Frage, welches Material am zweckmässigsten zu verwenden wäre, bliebe den Bautechnikern zur Entscheidung überlassen.

Von weit geringerem Werthe sind für die Aufbewahrung des Getreides andere Mittel, welche zur Trocknung und besseren Conservirung der Samenvorräthe empfohlen werden. So schlug A. Müller die Verwendung ungelöschten Kalkes vor. Indem er von der Thatsache ausging, dass von gut gebranntem Kalk, wenn er bei ungehindertem Luftzutritte langsam gelöscht wird, gegen 80% seines Gewichtes Wasser, theils chemisch, theils physikalisch (als Hydrat- und hygroskopisches Wasser) gebunden, theils durch die dabei entstehende Wärme verflüchtigt werden, soll man nach seiner Vorschrift feuchten Roggen, wie er in nassen Jahren oft ausgedroschen wird, mit 15 bis 20% seines Gewichts grob zerschlagenem ungelöschten Kalk mischen, ihn in dünner Lage von 10 bis 15 Centimeter auf einem luftigen Boden aufbreiten und ihn, während der Kalk sich löscht, öfters umstechen. Der Roggen trocknet alsdann schnell und ohne bedeutende Erwärmung. Man kann ihn dann mit dem gelöschten Kalk sogleich aussäen oder auch, nachdem der Kalkstaub abgesiebt oder auf einer Getreide-Reinigungsmaschine abgeblasen worden ist, aufbewahren. Bei Behandlung des Roggens mit grösseren Kalkmengen in geschlossenen Räumen, welche der atmosphärischen Luft keinen oder nur unzureichenden Luftzutritt gestatten und ihr nicht ermöglichen, die Löschungswärme zur Wasserverdampfung zu verwenden, kann die Temperatur des Gemenges von feuchtem Getreide und Kalk so hoch steigen, dass nicht blos die Keimkraft vernichtet, sondern das Getreide sogar verkohlt wird. Ob dieses Verfahren oder die künstliche Trocknung auf Tennen sich mehr empfehlen würde, namentlich wie sich der Kostenpunkt verhalten möchte, darüber müssten erst vergleichende Versuche entscheiden.

Für werthvolle Samen, die in nicht zu grossen Quantitäten aufzubewahren sind, empfiehlt Nobbe Kohlenpulver oder zerkrümelten Torf als Aufbewahrungs-Medium. Th. Hartig constatirt die günstige Wirkung trockener Nadelstreu auf die Conservirung und den Transport der Tannen-Samen. Doch möchte sich Torfpulver als hygroskopischer Körper kaum empfehlen.

LITERATUR.

Anmerkung. Die Literatur-Nachweise zu diesem und den folgenden Theilen machen keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern sollen dem Leser hauptsächlich blos die in diesem Werke als Quellenschriften benützten Original-Abhandlungen und grösseren Handbücher zur Kenntniss, beziehungsweise in Erinnerung bringen.

1. Hand- und Lehrbücher.

Fr. Nobbe, „Handbuch der Samenkunde". Berlin 1876.

2. Schriften und Abhandlungen.

Morphologie des Samens.

J. Gärtner, „De fructibus et seminibus plantarum". Cum Tabulis CCXXV. Stuttgart 1788–1807.

L. Claude-Richard, „Analyse der Frucht und des Samenkornes". Aus dem Französischen übersetzt von J. L. Voigt. Leipzig 1811.

Schleiden und **Vogel**, „Beiträge zur Entwicklungs-Geschichte der Blüthentheile der Leguminosen". Nova acta der Leop.-Carol. Akademie. Vol. XIX, 1. Heft, 1838.

— — „Ueber das Albumen, insbesondere der Leguminosen". Ibidem XIX, 2. Heft.

W. Hofmeister, „Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen". 1856.

— — „Neuere Beobachtungen über die Embryo-Bildung der Phanerogamen". Pringsheim's Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. I. Band.

Joh. Hanstein, „Ueber die Entwicklung des Keimes der Monocotylen und Dicotylen". Botanische Abhandlungen, herausgegeben von Hanstein, I. Band, 1. Heft.

W. Hofmeister, „Ueber die zu Gallerte aufquellenden Zellen der Aussenfläche von Samen und Pericarpien". Sitzungsberichte der königl. sächs. Akademie der Wissenschaften. Math.-phys. Cl. X, 1858.

Gr. Kraus, „Ueber den Bau trockener Pericarpien". Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. V. Band.

Lohde, „Ueber die Entwicklungs-Geschichte und den Bau einiger Samenschalen". Inaugural-Dissertation, 1874.

A. Sempołowski, „Beiträge zur Kenntniss des Baues der Samenschale". Inaugural-Dissertation. Leipzig 1874.

F. Kudelka, „Ueber die Entwicklung und den Bau der Frucht- und Samenschale unserer Cerealien". Landwirthschaftliche Jahrbücher von Nathusius und Thiel. IV. Band.

Fr. v. Hoehnel, „Bau der Samenschalen der cultivirten Brassica-Arten". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues, herausgegeben von Fr. Haberlandt. I. Band.

— — „Morphologische Untersuchungen über die Samenschalen der Cucurbitaceen und einiger verwandter Familien". Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Wien. LXXIII. Band, 1876.

G. Haberlandt, „Ueber die Entwicklungsgeschichte und den Bau der Samenschale bei der Gattung Phaseolus". Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften. Math.-naturw. Cl. LXXV Band, I. Abth.

Keimung des Samens.

Tittmann, „Ueber das Keimen der Pflanzen". 1831.

Fleischer, „Beiträge zur Lehre von dem Keimen der Samen und Gewächse". 1851.

Jul. Sachs, „Physiologische Untersuchungen über die Keimung der Schminkbohne". Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Wien. XXXVII. Band, 1859.

— — „Zur Keimungs-Geschichte der Dattel". Bot. Ztg., 1862. XX. Band.

— — „Ueber die Keimung des Samens von Allium Cepa". Ibidem 1863.

E. Peters, „Zur Keimungs-Geschichte des Kürbis-Samens". Landwirthschaftliche Versuchsstation. III. Band.

A. Beyer, „Zur Keimungs-Geschichte des Lupinen-Samens". Landwirthschaftliche Versuchsstation. XI. Band.

R. Sachsse, „Ueber einige chemische Vorgänge bei der Keimung von Pisum sativum". Leipzig 1872.

W. Pfeffer, „Untersuchungen über die Proteïn-Körner und die Bedeutung des Asparagins beim Keimen der Samen". Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. VIII. Band.

J. Boehm, „Ueber die Stärkebildung in den Keimblättern der Kresse, des Rettigs und des Leins". Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Wien. LXIX. Band, 1874.

Jul. Wiesner, „Experimental-Untersuchungen über den Keimungsprocess". Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Wien, 1867.

Fr. Haberlandt, „Die Aufnahme von gasförmigem Wasser durch Samen". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen 1875. I. Band.

N. Dimitriewicz, „Quellungsversuche mit einigen Samen-Arten". Ibidem 1875. I. Band.

A. Zöbl, „Wie lange behalten die Samen unter Wasser ihre Keimfähigkeit?" Ibidem 1875. I. Band.

R. Bressler und **W. v. Schlag**, „Auslaugungsversuche mit verschiedenen Samen". Ibidem 1877. II. Band.

A. Horky, „Ueber die Volumzunahme einiger Samen in Folge künstlicher Benetzung". Ibidem 1877. II. Band.

Fr. v. Hoehnel, „Ueber die Ursache der Quellungsunfähigkeit von Leguminosen-Samen und den Einfluss der chemisch-physikalischen Beschaffenheit auf die Keimfähigkeit derselben". Ibidem 1875. I. Band.

Jul. Sachs, „Ueber die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur". Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. II. Band, 1860.

Fr. Haberlandt, „Ueber den Einfluss einer höheren Temperatur auf die Keimfähigkeit der Samen unserer Culturpflanzen". Allg. land- und forstwirthschaftliche Zeitung. I. Band, 1863.

— — „Die oberen und unteren Temperaturgrenzen für die Keimung der wichtigeren landw. Sämereien". Landw. Versuchsstation. XVII. Band, 1874.

— — „Ueber die untere Grenze der Keimungs-Temperatur der Samen unserer Culturpflanzen". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues, 1875. I. Band.

— — „Die untere und obere Temperaturgrenze für die Keimung der Samen einiger Culturpflanzen wärmerer Klimate". Ibidem, I. Band.

— — „Einfluss des Quellungswassers verschiedener Temperaturen auf die Keimfähigkeit der Samen". Ibidem 1877. II. Band.

Jul. Wiesner, „Ueber den Einfluss hoher Temperatur auf die Keimfähigkeit einiger Samen". Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften zu Wien, 1871. LXIV. Band.

Fr. Krasan, „Welche Wärmegrade kann der Weizensame ertragen, ohne die Keimfähigkeit zu verlieren?" Ibidem 1873. LXVII. Band, I. Abth.

Fr. v. Hoehnel, „Welche Wärmegrade trockene Samen ertragen, ohne ihre Keimfähigkeit einzubüssen". Wissenschaftl.-praktische Untersuchungen, 1877. II. Band.

A. Kerner, „Ueber die niedrigsten Temperaturen, bei welchen die Samen der Alpenpflanzen noch keimen". Sitzungsberichte des naturw.-med. Vereines zu Innsbruck, 1873.

Tietz, „Ueber die Keimung einiger Coniferen und Laubhölzer bei verschiedenen, aber constanten Temperaturen". Inaugural-Dissertation, 1874.

J. Boehm, „Ueber das Keimen der Samen im reinen Sauerstoffgase". Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Wien. LXVIII. Band, 1873.

Fr. Haberlandt, „Wie verhalten sich luftleer gemachte Samen beim Keimen?" Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen, 1877. II. Band.

Ferd. Cohn, „Symbolae ad seminis physiologiam". Inaugural-Dissert. Berlin 1847.

Fr. Nobbe, „Ueber die Keimungsreife der Fichten-Samen". Tharander forstliche Jahrbücher, 1874.

A. Nowacki, „Untersuchungen über das Reifen des Getreides". Inaugural-Dissertation, 1869.

Fr. Haberlandt, „Ueber die Dauer der Keimfähigkeit der Getreide-Arten". Wiener landw. Zeitung, 1873.

N. Dimitriewicz, „Wie lange bewahren die Samen unserer Culturpflanzen ihre Keimfähigkeit?" Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen, 1875. I. Band.

Van Tieghem, „Recherches physiologiques sur la germination". Ann. d. sciences naturelles. 5. S., T. XVII., 1873.

Fr. Haberlandt, „Einfluss der Verstümmelung der Getreidekörner auf die nachfolgende Entwicklung der Pflanzen". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen, 1875. I. Theil.

Th. Blociszewski, „Physiologische Untersuchungen über die Keimung und weitere Entwicklung einiger Samentheile bedecktsamiger Pflanzen". Landw. Jahrbücher von Nathusius und Thiel. V. Band, 1876.

C. Nowoczek, „Die Widerstandsfähigkeit junger Keimlinge". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen, 1875. I. Band.

Ueber die sehr zahlreichen, den Einfluss verschiedener Beizmittel auf die Keimung behandelnden Untersuchungen findet sich ein ausführliches Referat sammt den Quellen-Angaben bei Nobbe, „Handbuch der Samenkunde", pag. 254—286. Ueber die für die landwirthschaftliche Praxis wichtig gewordene Beize des Saatgetreides mit Kupfervitriol sind folgende Arbeiten zu citiren:

Julius Kühn, „Die Krankheiten der Culturgewächse, ihre Ursachen und ihre Verhütung". Berlin 1858.

E. Dreisch, „Untersuchungen über die Einwirkung verdünnter Kupferlösungen auf den Keimprocess des Weizens". Inaugural-Dissert. 1873.

Fr. Haberlandt, „Die Kupfervitriol-Lösungen in ihrem Einflusse auf die Keimfähigkeit des Weizens". Landw. Centralblatt, 1874.

G. Haberlandt, „Die Schutzeinrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze". Eine biologische Studie. Wien 1877.

Prüfung des Samens.

Fr. Nobbe. Der statistische Theil des „Handbuches der Samenkunde" enthält zahlreiche und umfassende Original-Mittheilungen über die Echtheit und Reinheit der landwirthschaftlichen Sämereien; ferner hat Nobbe in mehreren kleineren Gelegenheits-Aufsätzen (landw. Versuchsstationen) Beiträge zu demselben Thema geliefert.

Fr. Nobbe, „Wider den Handel mit Waldgras-Samen für die Wiesencultur". Landw. Jahrbücher von Nathusius und Thiel. V. Band.

A. Kohlert, „Ueber eine neue Form der Grassamen-Verfälschung". Landwirthschaftliche Versuchsstationen. XVIII. Band.

Ueber das absolute Gewicht der Samen und speciell über die Vorzüge eines grösseren absoluten Gewichtes der als Saatgut verwendeten Samen liegen Aufsätze vor: von Alex. Müller, „Amtsblatt für die landw. Vereine des Königreiches Sachsen", 1855. Dietrich, „Chemischer Ackersmann", 1865. Corenwinder, „Journal d'agriculture pratique", 1866. J. Lehmann „Zeitschrift des landw. Vereines in Baiern", 1869. J. Buckmann, „The Farmer", 1870. P. Sorauer, „Neue landw. Zeitung", 1871. Hellriegel, „Amtl. Vereinsblatt des landw. Prov.-Vereines für die Mark Brandenburg", 1872, u. v. A. Am ausführlichsten verbreitet sich über diesen Gegenstand:

G. Marek, „Das Saatgut und dessen Einfluss auf Menge und Güte der Ernte". Wien 1875.

C. Renz, „Untersuchungen über das specifische Gewicht der Samen". Inaugural-Dissertation. Tübingen 1826.

O. Wolffenstein, „Ueber das specifische Gewicht des Weizens". Zeitschrift für das gesammte Naturwesen. Herausg. von Giebel und Heintz. XXXII. Band.

— — „Ueber specifische Gewichtsbestimmung von Samen". Journal für Landwirthschaft, 1875.

Schertler, „Die Anwendung des specifischen Gewichtes als Mittel zur Beurtheilung der Samen". Wien 1873.

Ueber das Volumengewicht der Samen schrieben u. A. Alexander Müller, „Amtsblatt für die landw. Vereine des Königreiches Sachsen", 1875. G. Wunder, ibidem 1855 und 1857; ferner

G. Kopisch, „Ueber die Qualitätsbestimmung des Getreides". Breslau 1872.

— — „Ueber die Qualitätsbestimmung von Getreide durch Ermittlung des effectiven Gewichtes". Breslau 1872.

Eingehende Untersuchungen über diesen Gegenstand enthalten die beiden Denkschriften der Normal-Aichungs-Commission des Deutschen Reiches „Ueber die Qualitätsbestimmung des Getreides und ihre Behandlung durch das neue Mass- und Gewichtssystem". Berlin 1871.

Ueber die Gewichtsverhältnisse zwischen einzelnen Theilen des Samens schrieben Fr. Haberlandt, „Wiener landw. Zeitung", 1868. G. Wilhelm, „Fühling's landw. Zeitung", 1876. Horky und Klose, „Das Spelzengewicht bespelzter Körnerfrüchte". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen etc. II. Band, 1877.

Fr. Nobbe, „Das Aeussere der Kartoffel als Kennzeichen ihres Stärkemehl-Reichthums". Landw. Versuchsstationen. VI. Band.

N. Dimitriewicz, „Aeussere Merkmale zur Beurtheilung der Keimfähigkeit verschiedener Samenarten, insbesondere der Körnerfrüchte". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen. II. Band, 1877.

A. Kohlert, „Ueber die Ernte und Reinigung reifer Gras-Samen". Wiener landw. Zeitung, 1876.

Fr. Haberlandt, „Ueber die Aufbewahrung der Samenvorräthe". Fühling's landw. Zeitung, 1876.

ZWEITER THEIL.

Die Pflanze und ihr Wachsthum.

Wir haben bisher den Samen und Früchten unsere Aufmerksamkeit zugewendet und die näheren Bedingungen und Umstände, die beim Keimen der Samen stattfinden, möglichst eingehend erörtert. Es schien eine solche ausführliche Behandlung wohl angezeigt, nachdem ja die Samen und Früchte die werthvollsten Producte des Pflanzenbaues repräsentiren. Nunmehr wenden wir uns der Pflanze zu, die sich aus dem Keim entwickelt und von der wir wissen, dass sie anfänglich ausschliesslich auf die im Samen aufgespeicherte Nahrung angewiesen ist. Vom physiologischen Standpunkt wird nun die junge Pflanze meist so lange als Keimpflanze betrachtet, bis sie die ihr im Samen mitgegebene Reservenahrung vollkommen aufgezehrt hat. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, wäre z. B. eine zweijährige Eiche, welche schon mehrere echte Laubblätter besitzt, deren unterirdische Keimblätter aber noch unverbrauchte Reservestoffe einschliessen, eine Keimpflanze; dagegen würde ein einziges, blos mit zwei grünen Cotyledonen und einer kleinen Hauptwurzel versehenes Tabakpflänzchen, das seine Reservestoffe zur Ausbildung und Entfaltung der genannten Organe schon vollständig verbraucht hat, nur mit Unrecht als Keimpflanze bezeichnet.

Um solche Widersprüche zu vermeiden, ist es besser, man betrachtet die jugendliche Pflanze nur so lange als Keimpflanze, als sie auf die Reservestoffe des Samens angewiesen bleibt. Sobald sie sich einmal selbstständig zu ernähren vermag, so ist sie im physiologischen Sinne keine Keimpflanze mehr, mögen ihr Reservestoffe noch zur Verfügung stehen oder nicht.

ERSTES HAUPTSTÜCK.

Die Pflanzen-Organe und ihre specifischen Functionen.

Schon an der Keimpflanze erkennt man deutlich eine allmälige Differenzirung der bereits im Embryo angelegten Theile, sie schreitet immer weiter vor, sobald das Stadium der Keimung überschritten ist; sie hat den höchsten Grad erreicht, wenn die Entwicklung bis zur Blüthen- und Fruchtbildung gelangt ist. Wie immer diese Theile beschaffen sein mögen, sie lassen sich auf vier Hauptgebilde zurückführen: auf Wurzel, Stamm, Blätter und Haare oder Trichome. Die Morphologie bezeichnet die Kartoffelknolle, die Ranke des Weinstockes, die blattartigen Zweige von Ruscus ebenso als Stammgebilde, wie den Stamm und die Zweige eines Baumes, oder den Halm der Gräser und den Stengel einer krautartigen Pflanze. Indessen unterscheidet sie normale Stengel und Stämme von umgestalteten oder metamorphosirten. Der Stamm des Baumes, der Stengel der Hanfpflanze, der Sonnenblume, der Halm des Weizens sind normale Stammgebilde; die Kartoffelknollen, die Rhizome der Quecken u. s. w. sind umgewandelte Stengel oder Stengeltheile. Ebenso sind die Schuppen an den Augen der Kartoffelknollen, die Staubgefässe und Carpelle umgewandelte Blätter; die Samenknospen können als metamorphosirte Stammtheile, Blätter, Blattzähne oder Haare aufgefasst werden. Wir wollen uns nun der Reihe nach genauer mit der Wurzel, dem Stamm, den Blättern und den aus letzteren durch Metamorphose hervorgegangenen Gebilden, den Blüthen und Früchten, bekannt machen und gleichzeitig ihre specifischen Functionen kennen lernen.

ERSTER ABSCHNITT.

Die Wurzel.

1. Morphologie der Wurzel.

Echte Wurzeln kommen überhaupt nur bei solchen Pflanzen vor, welche Fibrovasalstränge besitzen. Allen niedrigen Gefäss-

Kryptogamen von den Moosen abwärts fehlen sie gänzlich. Solche Fälle, in welchen auch Gefässpflanzen keine Wurzeln besitzen, sind dagegen äusserst selten.

Unter einer Wurzel versteht man einen solchen Theil des Pflanzenkörpers, der sich an seiner Spitze mit einer Wurzelhaube bekleidet. Diese ist an allen im lebhaften Wachsthum begriffenen Wurzeln vorhanden und besteht an ihrer Aussenseite aus ganz locker aneinander gelagerten Zellen, an ihrer Innenseite dagegen aus in festerem Verbande stehenden schalenförmigen Zellschichten. Sie bedeckt vollständig den Scheitel, so dass die eigentliche Wurzelspitze, d. h. der Vegetationskegel weiter rückwärts liegt. Indem die Wurzelspitze sich verlängert, wächst auch die Wurzelhaube immer nach, indem ihr von innen her neue Zelllagen zugefügt werden; dagegen gehen ihre nach aussen gelegenen älteren Zellen in Dauerzellen über. Die Wände der älteren Wurzelhauben-Zellen quellen bei im Boden befindlichen Wurzeln gallertartig an und machen die Wurzelspitze schlüpfrig. Dadurch schiebt sich die Wurzelspitze leichter zwischen den oft scharfkantigen kleinsten Bodentheilchen durch und die jüngsten Zellen des Vegetationskegels der Wurzelspitze werden geschützt.

Charakteristisch ist für die Epidermis der sämmtlichen Wurzeln, dass sie keinerlei Spaltöffnungen besitzt, dass ferner viele Oberhautzellen zu langen, meist einzelligen Haaren auswachsen, welche nicht selten einen ausserordentlich dichten Haarfilz bilden und in einem trockeneren Boden sich reichlicher als in einem feuchten oder nassen ausbilden. Bei Wurzeln, welche in's Wasser oder in Nährstofflösungen versenkt sind, können diese Wurzelhaare gänzlich verschwinden.

Jene Wurzel, welche unmittelbar als Fortsetzung der Hauptaxe des Embryo erscheint, wird allgemein als Hauptwurzel bezeichnet, wobei es gleichgiltig ist, ob sie schwächlich bleibt, wie bei den Monocotyledonen, oder ob sie kräftiger als alle übrigen Wurzeln fortwächst, wie bei den meisten Dicotyledonen.

Ausser dieser Hauptwurzel bildet sich aber gewöhnlich eine sehr grosse Zahl von Nebenwurzeln. Dieselben entspringen stets an der Aussenseite der Gefässbündel, sie stehen daher, entsprechend der Zahl der Gefässbündel, in ebensoviel Längsreihen an der Mutterwurzel. Von den Geweben des jungen

Wurzelzweiges treten nur die Fibrovasalstränge in vollständige Verbindung mit den Strängen der Mutterwurzel. Die Rinden des Wurzelastes und der Mutterwurzel treten nur theilweise, die Epidermis beider gar nicht in Zusammenhang, was sich eben daraus erklärt, dass die Rinde der Mutterwurzel von der Nebenwurzel durchbrochen werden muss und dass sie hierauf aus einem der Längsaxe der Wurzel parallelen Längsspalt zu Tage tritt.

Im Allgemeinen haben die Seitenwurzeln eine racemöse, traubige Stellung und akropetale, d. i. gegen die Wurzelspitze fortschreitende Entwicklung. Die Nebenwurzeln, welche aus der Hauptwurzel entspringen, werden als solche zweiter Ordnung, diejenigen, welche aus diesen entstehen, als Wurzeln dritter Ordnung u. s. w. bezeichnet. Wie bemerkt, ist die Stellung dieser Wurzeln eine zwar gesetzmässige, insoferne sie endogenen Ursprunges sind und in der Nähe der Gefässbündel meist reihenweise der Lage der Fibrovasalstränge entsprechend hervorbrechen, aber ihre Vertheilung ist keine regelmässige. Man kann allenfalls noch sagen, dass ihre Verästelung eine um so dichtere, häufigere ist, je trockener, ferner je reicher der Boden an Pflanzennährstoffen ist, dass dagegen umsoweniger Seitenwurzeln zur Entwicklung kommen, je feuchter der Boden und je wärmer derselbe ist. In Nährstofflösungen, welche sehr verdünnt sind, erscheinen die Wurzeln auch nur spärlich verzweigt, dafür aber umsomehr gestreckt.

Nobbe gelangte zu hiemit übereinstimmenden Resultaten, indem er in künstlich hergerichteten Böden, in welchen Bodenschichten mit reichlicheren Nährstoffmengen, mit solchen, die daran ärmer waren, wechsellagerten, Vegetationsversuche vornahm. Es ergab sich, dass in den reicheren Schichten die Verzweigung der dort gebildeten Wurzeln eine weit reichlichere war, als in den an Nährstoffen ärmeren.

Führt man einen anderen Versuch in der Art aus, dass man Pflanzen in Töpfen erzieht, deren Boden ausgebrochen und durch ein Drahtnetz ersetzt ist, so wachsen die Wurzeln bald durch dieses Drahtnetz durch. Wird hierauf ein solcher Topf auf einen Glascylinder gesetzt, der mit Wasser gefüllt ist, so bleiben die Pflanzen am Leben und wachsen auch dann weiter, wenn die Erde in den Töpfen gar nicht mehr begossen wird. Das erforderliche Wasser nehmen dann die Wasserwurzeln auf, die

im trockenen Boden befindlichen Wurzeln aber die erforderlichen Nährsalze, wobei die Beobachtung gemacht werden kann, dass diese Bodenwurzeln sich ausserordentlich stark verzweigen und mit einem sehr dichten Haarfilz bekleidet werden.

Solche Pflanzen, deren aus dem Embryo entwickelte Hauptwurzel sehr bald abstirbt (Gefäss-Kryptogamen, Monocotyledonen) bewurzeln sich dann später durch zahlreiche Nebenwurzeln, welche aus dem Stamme ihren Ursprung nehmen. Bei Gräsern beispielsweise entwickeln sich, sobald die Pflanzen sich zu bestocken beginnen, d. h. sobald die Bildung von Seitenhalmen eintritt, aus den untersten Knoten der Halme neue Wurzeln, sogenannte Kronenwurzeln; man bezeichnet aber besser alle solchen aus Stämmen ihren Ursprung nehmenden Wurzeln als „Adventiv-Wurzeln". Viele Pflanzen, Monocotyledonen und Dicotyledonen, deren Stengel am Boden fortkriechen, auf dem Wasser schwimmen oder klettern, alle jene, welche Zwiebeln oder Knollen bilden, vermögen solche Adventiv-Wurzeln zu bilden, ja sind gerade in Folge ihrer biologischen Verhältnisse fast ausschliesslich auf diese angewiesen.

Alle Wurzeln zusammengenommen bilden das Wurzelsystem einer Pflanze; man unterscheidet wohl auch ein Hauptwurzelsystem und ein System der Nebenwurzeln. Bei Dicotyledonen ist das erstere das wichtige, bei Gefäss-Kryptogamen und den Monocotyledonen stirbt das primäre Wurzelsystem bald ab und spielt das Nebenwurzelsystem die wichtigste Rolle. Bei manchen Stämmen, wie den Baumfarnen, ist die Entwicklung dieser Adventiv-Wurzeln so stark, dass letztere die Oberfläche des Stammes mit einem dichten Wurzelfilz überziehen. Viele der aus den oberen Stammtheilen entspringenden Wurzeln erreichen jedoch häufig den Erdboden nicht und sterben ab. Auch bei Cerealien findet die Bildung von solchen Adventiv-Wurzeln häufig statt; man erleichtert ihnen in solchen Fällen das Hineinwachsen in den Erdboden, indem man sie behäufelt.

2. Geotropismus und Heliotropismus der Wurzel.

Die typische Wachsthumsrichtung der Hauptwurzel, welche aus dem Keime entspringt, ist die verticale, welche mit der Richtung des Erdradius zusammenfällt. Welche Lage die Samen im Boden immer haben mögen, wenn sie ausgesäet und mit

Erde bedeckt worden sind: beim Keimen wird sich allsogleich ihre primäre Wurzel abwärts richten und der Richtung der Schwerkraft folgen. Man sagt, sie ist positiv geotropisch. Die Stämme aber haben den Trieb, in entgegengesetzter Richtung zu wachsen, sie sind negativ geotropisch.

Sowohl der positive wie der negative Geotropismus beruht auf der Wirkung der Schwerkraft. Denn wenn dieselbe durch die Centrifugalkraft ersetzt wird, so tritt ein gleichsinniger Effect ein. So kann man Räder oder Scheiben construiren, an deren Umfang keimende Samen befestigt werden. Wenn nun während des Keimens die Scheibe fortwährend in rascher Umdrehung um eine horizontale Axe sich befindet, so werden die Wurzeln nach aussen in centrifugaler Richtung wachsen, während die Stengel nach einwärts in centripetaler Richtung sich verlängern. Dieser Versuch ist schon vom englischen Physiologen Knight ausgeführt und seitdem von vielen Versuchsstellern mit dem gleichen Erfolge wiederholt worden. Die Thatsache ist also unbezweifelbar: es gibt keine andere Ursache für die typische Wachsthumsrichtung der Wurzel und des Stammes, als die Schwerkraft. Warum aber durch dieselbe diese Wirkung ausgeübt wird, darüber sind nur Vermuthungen geäussert worden. Als unrichtig hat sich die Ansicht herausgestellt, dass die Wurzelspitze eigentlich in einem dickflüssigen Zustande sich befinde und ähnlich wie erweichtes Siegellack durch die Schwerkraft hinabgezogen würde; ebenso unwahrscheinlich ist die Erklärungweise, nach welcher eine Aufwärtskrümmung oder Abwärtskrümmung der Wurzeln nur deshalb erfolge, weil sich entweder oberseits oder unterseits in der Wurzel die Nährstoffe reichlicher ansammeln, daher auch das Wachsthum einseitig ein stärkeres werde, was eben die Krümmung der Wurzel auf- oder abwärts bewirke. Die primäre Wurzel hat das Bestreben, abwärts zu wachsen, im höchsten Grade, im geringeren besitzen es die Nebenwurzeln zweiter Ordnung, bis endlich die Wurzeln der höheren Ordnungen gar nicht mehr geotropisch sind, so dass sie nach allen Richtungen weiter zu wachsen vermögen. Daher gibt es auch Beispiele von Wurzeln, die aus dem Boden herauswachsen. Sachs erwähnt dies für Böden, die gleichmässig feucht erhalten werden; es gilt dies aber auch für trockene Böden, wenn ein Theil der Wurzeln in

einer tieferen Schicht einen reichlichen Wasservorrath findet. Die Wurzeln sind in der Regel vom Lichte abgeschlossen und wachsen im Finstern; aber auch unter dem Einflusse des Lichtes folgen sie ihrer typischen Wachsthumsrichtung, welche von der Schwere bedingt wird. Es scheint jedoch, dass unter Lichtwirkung das Wachsthum der Wurzeln verlangsamt werde. So ergaben nach Wolkoff z. B. je zwölf Hauptwurzeln der Keime von *Pisum sativum* folgenden Zuwachs:

	Im Finstern	Im diffusen Licht
am 1. Tag	195 Millimeter	161 Millimeter
„ 2. „	239 „	153 „
„ 3. „	250 „	210 „
„ 4. „	126 „	113 „
„ 5. „	113 „	78 „
zusammen in 5 Tagen	923 Millimeter	715 Millimeter

Der Zuwachs an Hauptwurzeln von Keimlingen der *Vicia faba* betrug:

	Im Finstern	Im diffusen Licht
bei 5 Wurzeln	309 Millimeter	272 Millimeter
„ 11 „	743 „	612 „
„ 9 „	612 „	416 „

Dem Lichte ausgesetzt, zeigen die Wurzeln Krümmungen, welche entweder die concave Seite der Lichtquelle zuwenden oder die convexe. Die erstere Erscheinung wird als positiver Heliotropismus, die letztere als negativer bezeichnet. So sind die Wurzeln von *Zea Mays, Cucurbita, Pisum* u. s. w. positiv heliotropisch, jene von den *Cichoriaceen,* den *Cruciferen* negativ heliotropisch.

3. Das Wurzelvermögen.

Man spricht von Pflanzen mit einem kräftigen und solchen mit einem geringen „Wurzelvermögen". Was hat man nun darunter zu verstehen? Einen ganzen Complex von physiologischen Eigenschaften, welcher in Beziehung steht:

1. Zum Wurzelgewicht und zum Gewichtsverhältniss der Wurzeln zum Gewichte der ganzen Pflanze;

2. zur Grösse der Oberfläche der Wurzeln, insbesondere zur Grösse derjenigen Oberfläche, welche eigentlich zur Nahrungs-Aufnahme dient und hiemit

3. zum Vermögen, zahlreiche Wurzelhaare zu bilden;

4. zum Vermögen der Wurzel, in grössere Tiefen hinabzudringen;

5. zur Befähigung der Wurzel, sich nicht nur in lockerem, sondern auch in festem Boden verbreiten zu können;

6. zur Fähigkeit, durch die Ausscheidungen an der Oberfläche der Wurzeln feste Stoffe im Boden löslich zu machen und aufzunehmen und überhaupt zur Nährstoff- und Wasser-Aufnahme.

Dieser letztere Punkt soll aber seiner Wichtigkeit halber in einem besonderen Unterabschnitte behandelt werden.

Wurzelgewicht. Genauere Ermittlungen über das Verhältniss des Wurzelgewichtes zum Gewichte der oberirdischen Theile liegen nur wenige vor, wohl deshalb, weil es überhaupt schwer fällt, die Wurzeln grösserer Pflanzen ohne beträchtliche Verletzungen aus dem Boden herauszugraben und von den anhaftenden Erdtheilchen zu befreien. Dass in dieser Beziehung jedoch grosse Verschiedenheiten vorkommen, kann aus einem Versuche ersehen werden, welcher mit verschiedenen Wiesengräsern angestellt wurde, die, in Töpfe gepflanzt, vor ihrem Schossen auf das Gewichtsverhältniss zwischen den unterirdischen und den oberirdischen Pflanzentheilen untersucht worden sind. Die Gewichtsbestimmungen erfolgten für die lufttrockene Substanz.

	Gewicht der Wurzeln in Procenten	Gewicht der oberirdischen Theile in Procenten
Agrostis alba	8·2	91·8
Bromus mollis	10·6	89·4
Holcus lanatus	16·7	83·3
Festuca ovina	19·1	80·9
Phleum pratense . . .	21·5	78·5
Avena flavescens . . .	22·3	77·7
Alopecurus pratensis .	22·8	77·2
Lolium perenne . . .	26·5	73·5
Anthoxanthum odor. .	26·7	73·3
Dactylis glomerata . .	29·4	70·6
Festuca rubra . .	31·7	68·3
Lolium italicum . . .	34·4	65·6
Avena elatior	51·3	48·7

Während sonach bei *Agrostis alba* das Gewicht der Wurzeln nur 8·2 % vom Gewicht der Gesammternte betrug, stieg der Antheil an Wurzeln für das französische Raygras selbst über 50 % hinaus! Wird das Stoppel- sammt dem Wurzelgewichte bei unseren Getreidepflanzen mit dem Gewichte der Gesammternte verglichen, so ergibt sich, dass bei

W.-Weizen	d. Wurzel- u. Stoppelgewicht				14·3%	vom Gewicht	d.	ganzen	Ernte	
S.-Weizen	„	„	„	„	9·9%	„	„	„	„	„
W.-Roggen	„	„	„	„	13·1%	„	„	„	„	„
S.-Roggen	„	„	„	„	11·3%	„	„	„	„	„
W.-Gerste	„	„	„	„	12·4%	„	„	„	„	„
S.-Gerste	„	„	„	„	8·7%	„	„	„	„	„
Hafer	„	„	„	„	10·0%	„	„	„	„	„

beträgt, dass sonach die Winter-Getreidesorten ein höheres Wurzel- und Stoppelgewicht besitzen.

Bemerkenswerth ist, dass sich das Verhältniss zwischen dem Gewichte der Wurzeln und der oberirdischen Theile nach dem Reichthum des Bodens an Pflanzennährstoffen sehr beträchtlich, und zwar derart ändert, dass im armen Boden das Gewicht der Wurzeln verhältnissmässig mehr zunimmt, woraus eben folgt, dass in einem reicheren Boden eine geringere Wurzelmasse mehr leistet, während in einem armen Boden ein Mehr von Wurzeln nothwendig ist, um auch nur eine geringere Ernte an oberirdischen Pflanzentheilen möglich zu machen. So war das Gewichtsverhältniss der Wurzeln zu den oberirdischen Organen

bei	Hafer	auf	armem	Boden	wie	1 :	4·5
„	„	„	mittelreichem	„	„	1 :	6·6
„	„	„	reichem	„	„	1 :	8·0
„	Wicke	„	armem	„	„	1 :	13·3
„	„	„	mittelreichem	„	„	1 :	14·0
„	„	„	reichem	„	„	1 :	22·0

Weit grösser sind jene Wurzelmengen, welche von den ausdauernden Arten der kleeartigen Gewächse im Boden nach der Ernte zurückbleiben. Bei solchen, wie z. B. beim Rothklee, der Luzerne, kann das Wurzelgewicht selbst 50 und mehr Procente der oberirdischen Theile betragen.

Noch ist zu bemerken, dass die Entwicklung der Wurzeln und der oberirdischen Pflanzentheile nicht bei allen Pflanzen gleichen Schritt hält. Die Ausbildung der ersteren eilt oft dem Wachsthum der letzteren voraus und liegt darin die Hauptursache, warum z. B. die Getreide-Arten bald nach Beendigung ihres Keimungs-Stadiums im Wachsthum innezuhalten scheinen, um nach geraumer Zeit mit vermehrter Energie an die Ausbildung ihrer Stengel und Blätter zu schreiten. Während dieser oft sehr auffälligen Ruhepause in der Entfaltung der oberirdischen Vegetations-Organe concentrirt sich eben die Wachsthums-Energie auf das Wachsthum der Wurzeln.

Eine Bestätigung dieser Erscheinung einer Periodicität der Wachsthumsvorgänge erhält man auf sehr einfachem Wege, wenn man Getreidepflanzen zu verschiedenen Zeiten mit den Wurzeln ausgräbt, die Wurzeln sorgfältig mit Vermeidung aller Verluste abwäscht und nach erfolgter Trocknung sowohl die Wurzeln wie die oberirdischen Theile abwägt.

Bei einem solchen Versuch erhielt man folgende Resultate:

	Gewichtsverhältniss zwischen Wurzeln und den oberirdischen Theilen in der		
	1. Periode	2. Periode	3. Periode
Sommer-Weizen . .	1 : 0·673	1 : 4·943	1 : 10·471
„ -Roggen . .	1 : 1·075	1 : 7·171	1 : 12·288
„ -Gerste . . .	1 : 1·105	1 : 6·242	1 : 14·556
Hafer	1 : 1·208	1 : 8·319	1 : 16·914

Die erste Wägung wurde 16 Tage nach erfolgter Keimung, die zweite 30 Tage nach erfolgter Keimung und Bestockung, die dritte 50 Tage nach der Keimung und bei beginnender Blüthe vorgenommen.

Die Ergebnisse sind auffällig genug; während in der ersten Periode bei sämmtlichen Getreide-Arten das Gewicht der Wurzeln jenes der Halme fast erreicht oder selbst überragt, ändert sich dies Verhältniss in der dritten Periode zu Ungunsten der Wurzeln so sehr, dass die Halme ein 10- bis 16mal grösseres Gewicht erreichen.

Wurzel-Oberfläche. Dass auch die Grösse der Wurzeloberfläche nicht ohne Einfluss auf die vermehrte oder verminderte Thätigkeit der Wurzeln sein kann, ist leicht einzusehen. Natürlich kann hier nur diejenige Wurzel-Oberfläche gemeint sein, welche überhaupt noch die Aufnahme der Bodennährstoffe zu besorgen vermag, welche also noch von der unversehrten, lebenden Epidermis umhüllt ist. Wurzelflächen, deren äusserste Zelllagen bereits verkorkt sind, kommen bei der Pflanzen-Ernährung überhaupt nicht mehr in Betracht. Ist das Wurzelgewicht ein grösseres, so wird wohl auch in der Regel die Wurzel-Oberfläche eine grössere sein, doch mag die Grösse der Oberfläche und das Gewicht der Wurzel nicht immer parallel gehen; es wird das meiste von einer feinen Verästlung der Wurzeln und davon abhängen, ob die Wurzel-Oberflächen kürzere oder längere Zeit die Nahrungs-Aufnahme besorgen können. Demnach könnte ein grösseres Wurzelgewicht allerdings durch grössere Feinheit der

Wurzeln und ihrer Verzweigungen ersetzt werden. Natürlich ist es eine schwierige Aufgabe, die Oberfläche des ganzen Wurzelsystems einer Pflanze zu berechnen, selbst dann, wenn es gelingt, alle, auch die feinsten Verzweigungen unversehrt zu gewinnen. Versuchsweise habe ich diese Berechnung für eine Grasart *(Avena elatior)* vorgenommen. Dabei ergab sich, dass die Blätter der untersuchten Pflanze eine Gesammtoberfläche von 446·8 Quadrat-Centimeter, die Wurzeln aber eine solche von 1377 Quadrat-Centimeter hatten; die letztere war also mehr als dreimal so gross wie die erstere.

Wurzelhaarbildung. Das Vermögen, zahlreiche Wurzelhaare zu bilden, ist eine ganz allgemeine Eigenschaft der Wurzeln. Es wird von den Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens abhängen, ob sie reichlicher oder spärlicher auftreten. Es kann wohl kein Zweifel darüber bestehen, dass sie, solange sie im lebensfähigen Zustande sich befinden, bei der Nahrungs-Aufnahme mitwirken; sobald sie einmal mit Luft erfüllt und abgestorben sind, haben sie ihre Rolle natürlich ausgespielt. Ob sie nur tropfbar flüssiges Wasser aufzunehmen vermögen oder auch im Stande sind, den Wasserdampf der Bodenluft zu condensiren, wie Manche anzunehmen geneigt sind, muss dahingestellt bleiben. Indem sich die Wurzelhaare innig an die feinsten Erdtheilchen anlegen, bewirken sie, dass diese zwischen dem Haarfilze haften bleiben und ohne Beschädigung der Haare gar nicht abgelöst werden können.

Während die Wurzelhaare zu den echten Oberhautgebilden, zu den Trichomen zu rechnen sind, haben die Wurzelknöllchen eine andere morphologische Bedeutung. Diese kleinen Knöllchen, wie man sie an den Wurzeln vieler Schmetterlingsblüthler findet, sind eigentlich verdickte Seitenwurzeln mit Fibrovasalsträngen und einem reich entwickelten Parenchym, das Stärke und hauptsächlich Proteïnkörper einschliesst. Als Reservestoffbehälter kann man sie nicht auffassen, denn dazu haben sie einen viel zu geringen Umfang, aus dem gleichen Grund werden sie für die Wasserversorgung der Pflanze keinerlei Bedeutung haben. Andererseits sind selbe auch keine Auswüchse, die durch einen Pilz oder ein Insect hervorgebracht worden sind, denn in vielen untersuchten Wurzelknöllchen habe ich nur in einigen seltenen Fällen eine Peronospora angetroffen. So dürfte es am wahrscheinlichsten

sein, dass Pflanzen, welche mit derartigen Wurzelknöllchen versehen sind, einst Schmarotzerpflanzen waren, welche nunmehr nach zahllosen Generationen ihre früheren Saugwurzeln entbehren können.

Diese Vermuthung ist deshalb gestattet, weil verschiedene wildwachsende Pflanzen, welche noch theilweise ihre Nahrung mittelst Saugwurzeln aufnehmen, z. B. Melampyrum-Species, Arten des Augentrostes, des Hahnenkamms u. s. w., gerade solche Knöllchen besitzen, die sich eng an die Wurzel anderer Pflanzen anlegen und aus welchen die eigentlichen Saugwurzeln entspringen. Sonach wären die Wurzelknöllchen der Leguminosen und kleeartigen Gewächse nichts Anderes als Rudimente früherer Saugwurzelbildungen.

Tiefe der Bewurzelung. Die Wurzelthätigkeit und Wurzel-Energie wird ferner auch an dem Vermögen gemessen werden können, ob sie in grössere oder geringere Bodentiefen hinabzuwachsen befähigt sind. In dieser Beziehung unterscheidet man unter den Culturpflanzen Seicht- und Tiefwurzler. Zu den ersteren rechnet man beispielsweise die Gräser und Getreide-Arten, zu den letzteren die einjährigen Leguminosen und die ausdauernden Kleepflanzen. Erstere beschränken sich in ihrer Verbreitung auf die gelockerte Ackerkrume, letztere können viele Meter tief in den Boden hinabwachsen. Oft ist die Tiefe der Wurzelverbreitung aber nur von der Tiefe der Bodenlockerung abhängig und mit der Vertiefung dieser dringen auch die Wurzeln der Seichtwurzler tiefer abwärts. So untersuchte Schubart die Bewurzelung des Winterweizens und fand, dass sich am 30. April die Wurzeln schon bis zu einer Tiefe von 99·3 Centimeter, am 14. Juni bis zu 122·9 Centimeter, bei Winter-Roggen am 29. April bis zu 117·6 Centimeter am 13. Juni bis zu 118·9 Centimeter verbreitet hatten.

Auch bei der Drainage macht man oft die Erfahrung, dass wenn auch die Röhrenstränge in einer Tiefe von über 1 Meter gelegt werden, doch die Wurzeln in der gelockerten Erdschichte mit welcher der Graben ausgefüllt worden war, bis an die Sohle hinabwachsen, in den Röhrenstrang eindringen, das Lumen der Drainröhren verstopfen und so die Wirksamkeit der Drainage mehr weniger aufheben. Unter den Culturpflanzen, welche eine solche Verstopfung der Drainröhren bewirken

können, sind namentlich die Runkelrüben, der Raps u. s. w. hervorzuheben. Offenbar wird auch das Sauerstoffbedürfniss der Wurzeln hiebei Einfluss nehmen, denn der Sauerstoffgehalt der Bodenluft nimmt mit zunehmender Tiefe merklich ab.

Wurzelwachsthum in lockerem oder festem Boden. Damit im Zusammenhang steht überhaupt das Vermögen der Wurzeln in festeren Böden sich ausbreiten zu können. Welcher Grad der Lockerung der günstigste ist, so dass sich die Wurzeln irgend einer Pflanzenart am besten auszubilden vermögen, darüber ist gar nichts Näheres bekannt. So viel ist gewiss, dass bei bestimmten Cohäsionsverhältnissen des Bodens oder verschiedener Bodenarten manche Pflanzen gedeihen, andere nicht. Die wildwachsenden Pflanzen sind in diesem Punkte jedenfalls den Culturpflanzen ausserordentlich überlegen. Auch von den Weiden- und Wiesenpflanzen können wir ohneweiters sagen, dass sie eine Wurzelorganisation besitzen, welche sie in höherem Masse befähigt in den festen Boden hineinzuwachsen als unsere Nutzpflanzen. Am allerenergischsten müssen aber offenbar die Wurzeln jener Pflanzen im Boden sich zu verbreiten befähigt sein, welche auf festgetretenen und gefahrenen Wegen fortzukommen vermögen, z. B. *Polygonum aviculare, Poa dura* und andere.

4. Die Nährstoff- und Wasser-Aufnahme seitens der Wurzeln.

Die Functionsfähigkeit der Wurzeln wird vor Allem davon abhängig sein, ob dieselben im Stande sind, gewisse Nährstoffe, die im Boden im unlöslichen Zustande vorhanden sind, aufzulösen. Es setzt dies voraus, dass an der Wurzel-Oberfläche Ausscheidungen gasförmiger und flüssiger Natur vorkommen, welche eben die Lösung bewirken. Solche Wurzel-Ausscheidungen, so viel steht ausser Zweifel, kommen ganz bestimmt vor, nur ist begreiflicherweise über ihre Natur wenig bekannt, auch weiss man darüber gar nichts, ob solche bei manchen Pflanzenwurzeln reichlicher, bei anderen spärlicher vorkommen. Der Hauptsache nach bestehen sie jedenfalls aus Säuren; Kohlensäure wird nicht fehlen, aber Pflanzensäuren sind gewiss vorherrschend, wie daraus zu ersehen ist, dass frische Pflanzenwurzeln zwischen feuchtem Lackmuspapier dasselbe bleibend röthen. Sonach kann der Ausspruch, dass die Wurzeln

auch den Stein angreifen, im buchstäblichen Sinne genommen werden. Sachs hat auf verschiedenen Steinplatten, die ganz glatt polirt waren und über welche er eine dünne Schicht feingesiebter Erde ausbreitete verschiedene Pflänzchen gezogen, die sich mit ihren Würzelchen an der ebenen Fläche hinzogen. Dabei wurden die Steinplatten an den Stellen, wo die Würzelchen dicht auflagen, mehr weniger corrodirt oder geätzt, so dass man ganz deutlich den Verlauf und die Ausbreitung der Wurzeln auf der Platte bemerken konnte, wenn dieselben vollständig entfernt worden waren. Solche Wurzel-Corrosionsbilder sind auch von anderen Versuchsstellern durch Hilfe kleiner Aussaaten erzeugt worden und gelingen dieselben namentlich auf Marmor-, Basalt- und Thonschiefer-Platten sehr gut. — Ein ähnlicher Vorgang findet statt, wenn Schmarotzer-Pilze mit ihren Fäden durch die Oberhaut einer Pflanze in's Innere derselben eindringen, wenn sie die härtesten Zellwände durchbohren und diese nach allen Richtungen mit ihren Gängen durchsetzen.

Einen anderen Beweis, dass die Wurzeln den Stein angreifen, lieferte Dietrich, indem er verschiedene unverwitterte Gesteinsarten pulverisirte und das gewonnene Pulver als künstlichen Boden benützte. In solchem betrug das Mehr an löslich gewordenen Mineralstoffen, welche durch den Einfluss der Pflanzen, im Vergleich zur Aufschliessung durch die Verwitterung disponibel geworden war:

	Bei Buntsandstein	Basalt
	in Procenten	
100 Lupinenpflanzen . . .	20·27	24·97
„ Erbsenpflanzen . . .	16·02	23·77
„ Spörgelpflanzen . . .	1·01	1·84
„ Buchweizenpflanzen .	2·32	3·27
„ Wickenpflanzen . . .	5·53	6·30
„ Weizenpflanzen . . .	0·34	2·45
„ Roggenpflanzen . .	0·17	1·64

Man sieht, dass sich hinsichtlich der Fähigkeit, Mineralnahrung aufzuschliessen, die verschiedenen Culturpflanzen sehr verschieden verhalten; mit Recht bezeichnet man als Steinbrecher in diesem Sinne: die Hülsenfrüchte und die kleeartigen Gewächse; obenan scheinen unter allen die Lupine, Esparsette, Rothklee und Luzerne zu stehen.

Mit diesen letzteren Bemerkungen sind wir bereits der Function der Wurzeln näher getreten, welche darin besteht, dass

sie die Feuchtigkeit des Bodens und was in dieser gelöst ist, mittelst ihrer äussersten Zellschicht, der Oberhaut und deren Trichomgebilden aufnehmen. Um dies zu vermögen, müssen natürlich die Wurzeln der Landpflanzen in innige Berührung mit den Bodentheilchen treten, was thatsächlich dadurch erreicht wird, dass die Wurzelhaare mit den kleinsten Bodenpartikelchen gleichsam verwachsen.

Die Membranen der Wurzel-Epidermis und aller Wurzelhaare vermögen nun das Wasser leicht aufzunehmen, d. h. sie sind imbibitionsfähig. Dabei hat man sich diese Imbibition so vorzustellen, dass jedes Zellstoff-Molekül von einer Wasserhülle umgeben ist, die sich verringern, die sich aber auch vergrössern kann; diese Zellmembran ist imbibitionsfähig nicht nur in ihrer äusseren Schicht, sondern auch durch ihre ganze Substanz; in Folge der reichlichen Wasser-Aufnahme wird sie auch eine Volum-Zunahme erfahren, sie wird aufquellen. Mit der Imbibition oder Durchtränkung der Zellmembranen ist aber die Wasser-Aufnahme nicht abgeschlossen, auch der Zellinhalt wird sich an der Wasser-Aufnahme betheiligen und bis zu einer gewissen Grenze wasserreicher werden. Wenn wir ein Pollenkorn beispielsweise in einen Wassertropfen bringen, so kann es unter Umständen so viel Wasser aufnehmen und sein Volumen so bedeutend vergrössern, dass es zerplatzt. Ebenso bemerken wir an abgewelkten Rübenschnitten, welche wir abwägen und nach kurzdauerndem Einquellen in Wasser wieder abwägen, dass sie an Gewicht bedeutend zugenommen haben.

Die Erscheinungen, welche sich bei der Wasser-Aufnahme seitens lebender Zellen oder ganzer Zellcomplexe ergeben, sind hauptsächlich Diffusions-Erscheinungen und gehören in das Gebiet der Endosmose. Dieselbe wird in der Weise den physiologischen Zwecken der Wasser-Aufnahme dienstbar gemacht, dass in den Epidermiszellen und den Wurzelhaaren colloidale Substanzen (Protoplasma etc.) mit sehr hohem „endosmotischen Aequivalent" auftreten; da für die durch die Zellmembran exosmotisch austretende Mengeneinheit dieser Substanzen eine ungleich grössere Menge von Wasser in die Zellen eintritt, so wird auf diesem Wege eine hinreichend grosse Wasser-Aufnahme vermittelt, ohne dass die Pflanze einen nennenswerthen Substanzverlust erleiden würde.

Bei Wurzeln, die im Wasser schwimmen, kann natürlich der Aufnahme der erforderlichen Wassermenge keine Schwierigkeit entgegenstehen; dasselbe wird der Fall sein bei Pflanzen, die in einem Sumpfboden wurzeln. Der Acker- und Gartenboden ist aber nur vorübergehend in einem mit Feuchtigkeit gesättigten Zustande, z. B. im Frühjahre nach einem schneereichen Winter, nach heftigen Gewitterregen, andauerndem, ausgiebigem Landregen. Indem aber von der Oberfläche des Bodens ein Theil des Wassers durch Verdunstung bald verloren geht, oder aber sich in die unteren Schichten vertheilt, entstehen bald lufterfüllte Räume zwischen den Erdtheilchen, welche an Grösse und Zahl mit zunehmender Austrocknung des Bodens fortwährend zunehmen. In diesem Zustande hat man sich jedes Erdtheilchen als mit einer Wasserhülle umgeben vorzustellen und werden die inneren Schichten dieser Hüllen natürlich von den Erdtheilchen mit grösserer Kraft festgehalten, als die äusseren. Alle diese Wasserhüllen stehen mit einander in Verbindung. Denken wir uns, dass in denselben weder eine Störung durch Verdunstung, noch durch Verbreitung nach abwärts, noch dadurch erfolgt, dass die Pflanzenwurzeln etwas wegnehmen, so werden sie alle unter einander im Gleichgewichte sich befinden. Würde man aber an irgend einem Punkte die Wasserhüllen vermindern, so würde das Gleichgewicht gestört und würde zunächst das Wasser von den benachbarten Stellen hinströmen; der Ausgleich erfolgte in der Weise, dass im ganzen System die Wasserhüllen entsprechend dünner würden. Eine solche Störung des Gleichgewichtes aber erfolgt continuirlich durch die Wurzeln. Die Anziehung, welche diese auf die Wasserhüllen der Erdtheilchen ausüben, macht sie fortwährend dünner, diese nehmen dann wieder Wasser aus ihrer Nachbarschaft und die Wasserbewegung pflanzt sich in immer grössere Entfernungen fort; die Folge ist, dass sich entsprechend der Wasser-Aufnahme durch die Wurzeln von allen Seiten im Boden eine Wasserströmung gegen die Wurzel zu bemerkbar macht; der Boden wird dabei immer trockener, nicht nur in nächster Nähe der Wurzeln, sondern auch auf grössere Entfernungen hin.

Je trockener der Boden, desto dünner sind auch die Wasserhüllen, desto grösser ist auch die Kraft, mit welcher sie von den Erdtheilchen festgehalten werden. Es tritt das Stadium

ein, wo die Wurzeln und ihre Haare nichts mehr aufzunehmen vermögen, und wo in Folge dessen die oberirdischen Organe zu welken beginnen. Der Boden ist bis dahin gewöhnlich staubtrocken geworden, hat fast denjenigen Trockenheitsgrad erreicht, welchen er im lufttrockenen Zustande zu erreichen pflegt; verschiedene Bodenarten enthalten da noch verschiedene Feuchtigkeitsmengen. Ein Lehmboden z. B., der im gesättigten Zustande 50 bis 60% Wasser enthalten kann, besitzt dann vielleicht noch 6 bis 8%, ein Sandboden, der im gesättigten Zustande 25 bis 30% Wasser fasst, vielleicht noch 1 bis 2%, ein humusreicher Boden, der bis über 100% Wasser aufnimmt, vielleicht noch einige und 20%.

Wir wollen nun sehen, wie gleichzeitig mit dem Wasser aus dem Boden auch die Pflanzennährstoffe durch die Wurzeln aufgenommen werden. Dabei sind folgende Fälle möglich:

1. Ein Theil der Nährstoffe ist gelöst im Bodenwasser und kann aus dem Boden dadurch, dass man destillirtes Wasser aufgiesst und abfiltriren lässt, ausgewaschen werden; solche gelöste Nährstoffe können natürlich ohneweiters mit der Flüssigkeit in die oberflächlich gelegenen Wurzelzellen eindringen.

2. Oder ein Theil ist zwar gelöst, von den Erdtheilchen aber derart absorbirt und zurückgehalten, dass er auch mit viel Wasser nicht ausgespült oder ausgelaugt werden kann. Unter solchen Umständen müssen sich Diffusionskräfte geltend machen, welche, von der Wurzel-Oberfläche ausgehend, durch ihre Anziehungskräfte die Absorptionskraft, die von den Bodentheilchen ausgeübt wird, überwinden.

3. Oder es kann ein anderer Theil der Pflanzennährstoffe als eine unendlich dünne und feste Kruste die einzelnen Erdtheile überziehen. Es gilt dies besonders für phosphorsaure Kalk- und Ammoniaksalze. Diese müssen nun durch die Thätigkeit der mit den Bodenpartikelchen in Berührung stehenden Wurzelmembran und die Wurzelhaare selbst gelöst werden. Wir haben schon berührt, dass dies durch die auch die Membran durchtränkenden sauren Säfte der Wurzel, sowie die von letzterer ausgeschiedene Kohlensäure bewirkt wird.

4. Es können schliesslich die Pflanzennahrungsstoffe auch in Form kleiner Splitter und Körner in fester Form vorhanden sein, wobei zur Ueberführung derselben in's Pflanzen-Innere auch

wieder die lösenden Kräfte der Wurzel in Action treten müssen. Man muss entgegen der Ansicht mancher praktischen Landwirthe festhalten, dass diese Wurzel-Ausscheidungen (man hat sie auch Wurzel-Excremente genannt) durchaus harmloser Natur sind, eben nur zur Löslichmachung der Pflanzennährstoffe bestimmt, dass sie aber irgend eine schädliche Wirkung in keiner Weise auszuüben vermögen. Wenn solche überhaupt im Boden zurückbleiben, kommen sie jedenfalls in minimalen Mengen vor, die schon in der allerkürzesten Zeit eine Zersetzung erfahren. Deshalb ist es ein Vorurtheil, wenn man glaubt, dass gewisse Unkräuter schädlich seien, weil ihre Wurzel-Excremente gewissermassen als Gifte auf die Wurzeln mancher Nutzpflanzen einwirken, oder wenn man einen Vortheil des Fruchtwechsels darin erblickt, weil bei einem solchen Wechsel die Wurzel-Excremente der einen Pflanzenart einer anderen weniger nachtheilig seien, als wenn dieselbe Culturpflanze im Anbau wiederholt auf demselben Felde folgen würde. Selbst die Wirkung der Brache haben Manche in der Weise zu erklären versucht, dass dieselbe die Zersetzung und Unschädlichmachung der Wurzel-Excremente herbeiführe. Thatsächlich sind die schädlichen Wirkungen der Unkräuter in ganz anderen Ursachen zu suchen, wie auch die Nothwendigkeit des Fruchtwechsels und der Brache auf ganz andere Ursachen zurückgeführt werden muss.

Bei der Aufnahme des Wassers und der Pflanzennährstoffe spielt nur die Wurzel eine active Rolle, andere Einflüsse, welche die Nahrungs-Aufnahme vermitteln könnten, gibt es im Boden nicht. Deshalb ist es auch eine durchaus irrige Hypothese, wenn man etwa den im Boden befindlichen niedrigen Organismen, den Spaltpitzen, unter diesen insbesondere den Bacterien eine vermittelnde Thätigkeit zumuthet. Wenn Bacterien bei der Ernährung der Pflanzen überhaupt in Betracht kommen, so kann dies nur insoferne geschehen, als durch ihre Mitwirkung die im Boden befindlichen organischen Reste, Stalldünger, Wurzel- und Stoppelrückstände u. s. w. rascher verwesen und zur Aufnahme für die Wurzeln vorbereitet werden.

Nach der vorausgegangenen Darstellung der Action der Wurzeln bei der Aufnahme des Wassers und der gelösten oder festen im Boden befindlichen Pflanzennährstoffe ist es nicht

ausgeschlossen, dass ein Theil der Wurzeln einer Pflanze auch noch feste Stoffe aus einem vollkommen lufttrocknen Boden aufzunehmen vermag, wenn nur ein anderer Theil der Wurzeln eine hinreichende Wasserzufuhr besorgt. Ich erinnere an den früher mitgetheilten Versuch, bei welchem Pflanzen, im trocknen Boden eines Topfes stehend, mit einem Theil der Wurzeln in ein mit destillirtem Wasser gefülltes Gefäss hineinwachsen konnten. Hier wurde der erforderliche Wasservorrath auch für die im trocknen Boden befindlichen Wurzeln und die oberirdischen Pflanzentheile beschafft. Die Versuchspflanzen welkten nicht nur nicht, sie wuchsen fort und ergaben nicht unbeträchtliche Ernten, deren Aschengehalt weit höher war, als jener der Samen und der Keimpflanzen, die sich in dem mit anfänglich feuchter Erde gefüllten Topfe entwickelten. Dieses Plus an mineralischen Bestandtheilen konnten die Versuchspflanzen mit ihren Wurzeln offenbar nur aus dem trocknen Boden entnommen haben.

Man darf aber nicht glauben, dass durch die Wurzeln die gelösten Stoffe in demselben Verhältnisse aufgenommen werden, wie solche gelöst sind oder im Boden vorkommen. Vielmehr nimmt jede Pflanze die Nährstoffe nach ihrem eigenartigen Bedürfnisse in verschiedener Menge auf und kann insofern von einem Wahlvermögen der Wurzeln oder vielmehr der ganzen Pflanze gesprochen werden. Am auffälligsten zeigt sich dies bei den verschiedenen Wiesen- und Weidepflanzen. Auf einer kleinen Bodenfläche, deren chemische Beschaffenheit keine wesentlichen Verschiedenheiten zeigen kann, wächst dort eine grössere Zahl von Arten gesellig beisammen; sie alle nährten sich von demselben Nährstoffvorrath, doch zeigt die grosse Verschiedenheit der Zusammensetzung ihrer Aschen, dass sie denselben in sehr verschiedener Weise in Anspruch genommen haben. Weil eben die Zellmembran und auch der Zellinhalt der Pflanzen verschiedener Arten dennoch specifische Verschiedenheiten aufweisen muss, wenn diese gleich den Beobachtungen durch unsere Hilfsmittel entgehen, werden auch die diosmotischen Wirkungen in vielfach modificirter Weise auftreten. Dabei ist nicht ausgeschlossen, dass die Pflanzenwurzeln auch solche Stoffe aus Lösungen aufnehmen, welche geradezu als Gifte wirken und ihr Leben bedrohen und kann deshalb das Wahlvermögen der Wurzeln nicht so gedeutet werden, als wären

sie durch dieselbe in die Lage versetzt, nur diejenigen Stoffe in entsprechender Menge aufzunehmen, welche für ihr Gedeihen und Wachsthum förderlich sind.

Ueber die Diffusions-Erscheinungen, welche eintreten, wenn Pflanzenwurzeln in verschiedene Lösungen, namentlich Salzlösungen getaucht werden, sind zahlreiche Versuche gemacht worden. Unter diesen sind jene von Saussure vielfach citirt. Derselbe verwendete als Versuchspflanzen *Polygonum persicaria* und *Bidens cannabina*. Er tauchte die Wurzeln derselben in Lösungen von gleicher Concentration, etwa 0·8 Gramm der betreffenden Verbindung auf 1000 Gramm Wasser. Er fand, dass wenn die Menge der Verbindung, welche in der Lösung enthalten war, gleich 100 gesetzt wird, die Pflanzenwurzeln mit der Hälfte des vorhandenen Wassers nicht auch die Hälfte der Menge des gelösten Stoffes aufsogen, sondern dieselbe in folgenden Verhältnissen aufnahmen:

	Polygonum persicaria	Bidens cannabina
Chlorkalium	14·7	16·0
Chlornatrium	13·0	15·0
Chlorammonium	12·0	17·0
Salpetersaurer Kalk	4·0	8·0
Schwefelsaures Kupferoxyd	47·0	48·0
Gummi	9·0	8·0
Zucker	29·0	32·0

Saussure zog daraus folgende Schlüsse:

1. Die Aufsaugung der gelösten Stoffe durch die Wurzeln erfolgt in geringerem Verhältnisse, als in welchem sie im Wasser gelöst sind.

2. Ein Gewächs saugt nicht in gleichem Verhältniss alle in der nämlichen Auflösung zugleich enthaltenen Substanzen ein, manche werden reichlicher, andere in geringerer Menge absorbirt.

Diese Versuche wurden von Knop, Wolff und vielen Anderen wiederholt und dabei die Vorsicht beobachtet, dass die Versuchspflanzen von Anfang an in Lösungen gezogen, und nicht wie jene Saussure's erst aus der Erde gegraben wurden, wobei mancherlei mechanische Verletzungen derselben nicht vermieden werden können. Die Hauptresultate aller dieser nachträglich vorgenommenen Versuche über die Diffusions-Erscheinung an Wurzeln, die in Salzlösungen getaucht worden, lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Es wird aus einer Lösung durch die Wurzeln umsomehr aufgenommen, je concentrirter dieselbe ist.

2. Je mehr Wasser aus einer Lösung aufgenommen wird, umsomehr Salz tritt auch in die Pflanze; doch ist dies Verhältniss kein einfaches und gerades.

3. Manche Salze diffundiren aus gleich dichten Lösungen leichter, andere schwerer. So sind

leicht diffundirbar:	schwer diffundirbar:
Salpetersaures Ammonium.	Schwefelsaures Natron (Glaubersalz).
Salpetersaures Kali (Salpeter).	Schwefelsaures Ammonium.
Phosphorsaures Kali.	Schwefelsaures Kali.
Doppeltkohlensaurer Kalk.	Schwefelsaure Magnesia (Bittersalz).
Salpetersaures Natron (Chilisalpeter).	Chlorkalium.
Salpetersaurer Kalk.	Chlorcalcium.
Salpetersaure Magnesia.	Chlornatrium (Kochsalz).

4. Aus concentrirteren Lösungen wird nach der Saussureschen Regel mehr Wasser als Salz, aus sehr verdünnten mehr Salz als Flüssigkeit aufgenommen.

Bei den salpetersauren Salzen des Kalis, Kalkes und der Magnesia geht dies so weit, dass alles Salz absorbirt wird, bevor noch die Hälfte der Flüssigkeit aufgesogen ist.

5. Die Pflanze häuft Salze in ihren Organen auf, ohne sie zum Stoffwechsel zu verwenden; es kann der Pflanzensaft viel concentrirter sein als die Lösung, in welche die Wurzel taucht, ohne dass etwas an die dünnere Lösung abgegeben wird.

6. Bemerkenswerth ist schliesslich, dass es für die Aufnahme eines einzelnen Salzes nicht gleichgiltig ist, ob sich dasselbe allein oder noch mit anderen Salzen combinirt in der Lösung findet. So nehmen die Wurzeln beispielsweise die Kali- und Ammonsalze, wenn in den Lösungen zugleich ein Kalksalz vorhanden ist, reichlicher als wie aus einfachen Salzlösungen auf.

Dies sind die Diffusions-Erscheinungen, welche an der Oberfläche der Wurzeln eingeleitet werden und bewirken, dass das Wasser und das in ihm Gelöste in das Innere der Wurzeln und durch die Gefässbündel in den Stamm geleitet wird. Man nimmt nun ferner an, dass die das Wasser mit grosser endosmotischer Kraft aus dem Boden aufsaugenden und daher stark turgescirenden Zellen der Wurzeloberfläche dieses Wasser mit einer solchen Kraft in die weiter innen gelegenen Zellen hineinfiltriren, dass der Filtrationswiderstand in den Zellen-

wänden durch die endosmotische Kraft bedeutend überwunden wird, dass also durch die prall gefüllten und immer noch mehr aufsaugenden Parenchymzellen der Wurzeln so viel Wasser in die Parenchymzellen und die Gefässe des Holzes hineingepresst wird, als sie überhaupt aufzunehmen vermögen. Dabei denkt man sich den Filtrationswiderstand der nach aussen gerichteten Membranen der Zellwände grösser als den der nach innen gerichteten. Die Folge ist, dass nichts durch die Wurzel nach aussen, wohl aber nach innen und aufwärts gepresst zu werden vermag und bezeichnet man diese unzweifelhafte Thatsache als den „Wurzeldruck".

Zur Versinnlichung dieses Vorganges hat Hofmeister einen sehr einfachen Apparat zusammengesetzt, der aus einem kurzen und ziemlich weiten Glasrohr besteht. An einem Ende ist dieselbe mit einer Schweinsblase fest verbunden, dann wird eine Zucker- oder Gummilösung eingefüllt und das andere Ende mit Pergamentpapier zugebunden. Ueber dieses wird hierauf noch eine Kautschukkappe gestülpt und mit derselben ein Glasrohr in Verbindung gesetzt; das Glasrohr bleibt vorläufig leer, luftführend. Nun wird der Apparat in's Wasser gelegt, so dass das enge Glasrohr hoch emporragt; das beiderseits zugebundene weite Glasrohrstück entspricht einer aufsaugenden, endosmotisch thätigen Wurzelzelle, das enge Glasrohr einer fortlaufenden Holzparenchymzelle oder einem Gefässe. Die in der künstlichen Zelle befindliche Substanz zieht das Wasser in sich hinein, es werden bald die Verschlusswände heftig gespannt und der Druck erreicht endlich eine solche Höhe, dass ein Theil der Flüssigkeit durch das Pergamentpapier in das enge Rohr hineingepresst wird, wo es sich in 24 bis 48 Stunden bis zu einer Höhe von 10 bis 12 Centimeter ansammelt.

Dieser Wurzeldruck ist die Ursache, dass sich an abgeschnittenen Stämmen bei manchen Pflanzen ein „Bluten" oder „Thränen" bemerkbar macht. Die an den Querschnitten ausfliessende Saftmenge ist sehr beträchtlich, sie betrug nach Hofmeister aus dem Stammstumpfe von:

Urtica urens	bei einem	Wurzelvol.	von	1350	C.-Mill.	in	99	Std.	3025	C.-Mill.
Solanum nigrum	„	„	„	2300	„	„	49	„	3630	„
Brassica oleracea	„	„	„	1100	„	„	76	„	2210	„
Helianthus annuus	„	„	„	3870	„	„	145	„	5830	„
Phaseolus multifl.	„	„	„	2300	„	„	49	„	3630	„

Nach Schleiden gab ein 5′ hoch über der Erde abgeschnittener Rebstock von $^1/_2$″ Durchmesser binnen 7 Tagen 9 Pfund Saft; eine sehr kräftige Agave gibt nach Alex. v. Humboldt täglich bis 375 Cub.-Zoll, was 4 bis 5 Monate dauert, binnen welcher Zeit sie 45.000 bis 50.000 Cub.-Zoll Saft liefert; nach Hales ist die grösste von ihm beobachtete Höhe, bis zu welcher der Wurzeldruck den Saft emporhebt d. h. zum Ausfliessen an abgeschnittenen Stämmen bringt, 36 Fuss. Dieser Wurzeldruck wird je nach der Temperatur, Bodenfeuchtigkeit, dem Organisationszustand der Wurzel ein verschiedener sein müssen, er kann manchmal auf Null herabsinken, er kann aber auch für jede Pflanzenart ein Maximum erreichen. Er kann sich auch bemerkbar machen, ohne dass die Pflanze eine Beschädigung erfährt; denn bei vielen niedrigeren Pflanzen beobachten wir, dass der Wurzeldruck z. B. im Falle der Verminderung der Transspiration, wie eine solche bei Nacht eintritt, im Stande ist, das Wasser in Tropfenform aus den Spitzen der Blätter und den Zähnen des Blattrandes auszupressen. Etwas Aehnliches bemerken wir bei Bäumen, die ihre Blätter durch Raupenfrass oder den Eingriff des Menschen verloren haben. Es entstehen in Folge der durch den grossen Wurzeldruck herbeigeführten Säftespannung in den unteren Theilen der Stämme mechanische Verletzungen, Risse u. dgl., aus welchen der Saft durch lange Zeit ausfliesst. An solchen Stellen wird dann häufig eine Zersetzung eingeleitet, welche, immer tiefer in den Stamm eindringend, seinen schliesslichen Tod herbeiführt. Auch bei manchen niedrig organisirten Pflanzen, z. B. den Pilzen, *Penicillium, Mucor, Merulius* u. s. w., scheiden sich in Folge der endosmotischen Spannung ihrer Zellen Wassertropfen an ihrer Oberfläche aus.

Man hat die Grösse der Wurzelkraft auch zu messen versucht, indem man auf den abgeschnittenen Stengel ein doppelt gebogenes Glasrohr als Manometer luftdicht aufkittete. So fand Hofmeister folgende Werthe der von dem ausquellenden Safte gehobenen Quecksilbersäulen bei:

Phaseolus vulg. 46, und 57, *Phas. multifl.* am Ende der Keimung 87 und 159, *Urtica urens* 354, *Vitis vinifera* 731 Mill.

Der Wurzeldruck kam also bei der letzteren Pflanze fast einer Atmosphäre gleich.

ZWEITER ABSCHNITT.

Der Stamm.

1. Morphologie des Stammes und seiner Gewebe.

Eine genaue und erschöpfende Definition des „Stammes" lässt sich nur dann geben, wenn vorerst all' seine morphologischen Beziehungen zu den Blattgebilden im Einzelnen erörtert worden sind; denn die Begriffe „Stamm" und „Blatt" sind eben durchaus correlative Begriffe. Eine solche Auseinandersetzung würde aber den Rahmen dieses Werkes überschreiten und so begnüge ich mich hier — im Uebrigen auf ein ausführliches Lehrbuch der Botanik verweisend — mit der kurzen Angabe, dass unter den Begriff des Stammes jene Glieder des Pflanzenkörpers fallen, welche aus dem jugendlichen Gewebe ihres Scheitels, doch unter der fortwachsenden Vegetationsspitze desselben, in akropetaler Ordnung und in geometrisch bestimmten Stellungsverhältnissen neue Glieder erzeugen, welche andere Formen annehmen, als die sie erzeugenden Stämme, und Blätter heissen. Ist, wie dies gewöhnlich der Fall ist, der Stammscheitel von diesen rasch wachsenden Blättchen bedeckt, so heisst derselbe die Endknospe des Stammes. Bei manchen kriechenden Stämmen verlängert sich jedoch das Stamm-Ende so bedeutend, dass die jüngst gebildeten Blätter weit dahinter zurückbleiben; in diesem Falle hat der Stamm einen nackten Scheitel.

Der Stammscheitel oder die Vegetationsspitze besteht aus Urgewebe oder Urmeristem, das sich nach aussen, innen und unten allmälig differenzirt. Diese Gewebesonderung führt zur Entstehung verschiedener Gewebe-Arten und Gewebe-Systeme, deren jeweilige Einheit in dem gleichartigen anatomischen Bau ihrer Elemente, in gewissen Lagerungs- und Anordnungsverhältnissen oder in ihren physiologischen Functionen gelegen ist. Mit anderen Worten: die Einheit der Gewebe-Systeme kann auf histologischer, topographischer oder anatomisch-physiologischer Basis ruhen.

Obgleich die Gewebesysteme, von welchen im Nachstehenden die Rede sein soll, auch der Wurzel und den Blättern

eigenthümlich sind, so sollen sie doch in dem vorliegenden Abschnitte über den „Stamm" der Pflanze, welcher sich zu dieser Schilderung am besten eignet, etwas eingehender besprochen werden.

Das **Hautgewebe** ist jenes Gewebesystem, welches die ganze Gewebemasse des Organs nach aussen abschliesst und dieser physiologischen Function entsprechende anatomische Eigenthümlichkeiten besitzt. Bei Blättern und einjährigen Stengeln besteht das Hautgewebe blos aus der Epidermis, bei mehrjährigen Stämmen kommt noch der Kork hinzu.

Als Epidermis bezeichnet man die äusserste oberflächliche Zellschicht der pflanzlichen Organe und nur dann, wenn diese Zelllage in jugendlichen Stadien sich tangential getheilt hat, spricht man von einer zwei- oder mehrschichtigen Epidermis. Doch auch in diesem Falle erfährt blos die äusserste Zelllage die für die Oberhaut charakteristische Ausbildung ihrer Elemente. Die Form der Epidermiszellen ist sehr verschieden; an Organen mit vorwiegender Längenentwicklung, wie z. B. den Stengeln, Wurzeln, Grasblättern, sind sie meist longitudinal gestreckt, an Organen, bei welchen keine Wachsthumsrichtung besonders bevorzugt ist, sind sie gewöhnlich tafelförmig mit den verschiedensten, meist wellenförmigen Umrissen. Die nach aussen gelegenen Wandungen der Epidermiszellen zeichnen sich fast immer durch grössere oder geringere Verdickung aus; blos die Epidermis der Wurzeln — auch Epiblem genannt — besitzt durchaus unverdickte, für Wasser imbibirbare Membranen. Die Aussenwandungen der Epidermis an Blättern und Stengeln dagegen sind, abgesehen von ihrer Verdickung, zumeist auch cuticularisirt, mit einer „Cuticula" und häufig noch mit einem wachs- oder fettartigen Ueberzuge versehen („Reif" der Pflaumen, Trauben, Kohlblätter etc.). Eine Benetzung oder gar die Imbibition mit Wasser wird derart fast vollständig unmöglich gemacht. Dem spaltöffnungslosen Epiblem der Wurzeln gegenüber ist die Epidermis von Stamm und Blatt stets mit Spaltöffnungen versehen, welche gewöhnlich von je zwei halbmondförmigen Schliesszellen begrenzt und von diesen erweitert oder verengert und unter Umständen selbst geschlossen werden. Fast bei allen Pflanzen — die *Gymnospermen* ausgenommen — wachsen einzelne Zellen der Epidermis zu haar-, schuppen-

oder bläschenförmigen Gebilden aus, welche häufig auch als Drüsen functioniren und als Trichome bezeichnet werden. Die für den pflanzlichen Haushalt wichtigsten Trichome, die Wurzelhaare, sind zugleich die einfachsten: höchst zarte einzellige Schläuche von grosser Schmiegsamkeit und Plasticität. Weit grösser ist die Mannigfaltigkeit der Stamm- und Blatt-Trichome. Hier können ein- und mehrzellige, gabelige und sternförmige Haare, Borsten, Stacheln, gestielte und ungestielte, wenig- und vielzellige Drüsen, Schuppen, Brennhaare etc. vorkommen. Dieser Anhang von Trichomgebilden steht unzweifelhaft in gewissen Beziehungen zu den Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnissen, in welchen sich die Pflanze befindet. Ihr Formenreichthum entspricht gewiss den zahlreichen Functionen, welche ihnen übertragen sind; allerdings weiss man bisher nicht viel mehr, als dass sie bei vielen Pflanzen den Wasserverlust durch Verdunstung mässigen sollen, dass sie bei anderen Schutzmittel gegen die Angriffe der Thiere bilden, wieder bei anderen, wie bei gewissen fleischfressenden Pflanzen durch ihre Ausscheidungen die Auflösung und Verdauung der gefangenen Insecten beschleunigen sollen.

Die Verstärkung der Epidermis durch das Korkgewebe kann in zweierlei Weise erfolgen. Entweder sind es die Epidermiszellen selbst, welche sich tangential theilen und Korkzelllagen bilden, wie z. B. an der Schale des Apfels, oder es sind die unterhalb der Epidermis gelegenen parenchymatischen Zellschichten, welche tangentiale Theilungen eingehen und so zunächst ein meristematisches Bildungsgewebe, das sogenannte Phellogen erzeugen. Durch die Thätigkeit dieses Phellogens, welches durch fortwährende Tangentialtheilungen zur Entstehung von mehr oder weniger radialen Zellreihen Veranlassung gibt, wird das eigentliche Korkgewebe, auch Periderm genannt, gebildet. Die ausgebildeten Korkzellen sind meist von tafelförmiger Gestalt, besitzen „verkorkte", d. h. für Wasser gänzlich undurchlässige, dehnbare und elastische Wandungen und enthalten fast immer Luft. Die Thätigkeit des Phellogens kann sehr bald erlöschen, sie kann aber auch längere Zeiträume hindurch fortdauern und sich alljährlich erneuern. In letzterem Falle zeigt so wie das Holz auch der Kork Jahresschichten, welche schliesslich wie bei der Korkeiche zu sehr

beträchtlichen Gewebemassen anwachsen können. Tritt die Phellogen- und Korkbildung tiefer im Innern des Rindenparenchyms oder selbst im Bereiche der vom Cambiumringe gebildeten Gewebe auf, so muss das derart losgetrennte Rindengewebe selbstverständlich absterben; es bildet dann mit den Korkmassen die sogenannte Borke.

Das **mechanische Gewebesystem** bedingt die Festigkeit des ganzen Pflanzenkörpers, dessen oberirdische Organe — Stamm und Blätter — vornehmlich biegungsfest, dessen unterirdische — Rhizome und Wurzeln — zugfest sein müssen; physiologisch ist es also gleichwerthig mit dem Knochengerüste der Wirbelthiere, mit dem Hautskelete der Insecten. Das constituirende Zell-Element dieses Systems ist die prosenchymatische Sklerenchymzelle oder Hartbastzelle, wie sie im Falle ihrer Vereintläufigkeit mit den Gefässbündel-Elementen genannt wird. Die Form dieser „specifisch mechanischen Zellen" (wie Schwendener, dem wir die Aufstellung und genauere Kenntniss dieses Systems verdanken, sie nennt) ist eine gestreckt spindelförmige mit beiderseits zugespitzten Enden. Ihre Wandungen sind mehr oder weniger stark verdickt und verholzt, mit links-schief verlaufenden, spaltenförmigen Poren versehen. Ihr Inhalt besteht gewöhnlich aus Luft. Die Sklerenchym- oder Hartbastzellen vereinigen sich nun zu Gewebesträngen von grösserem oder geringerem Querschnitte und durchziehen so in bestimmter, auf mechanischen Principien ruhender Anordnung, die Stengel, Wurzeln und Blätter. Die absolute Festigkeit und die Elasticitätsgrösse dieser Sklerenchym- oder Baststränge, welch' beide Momente hier bei der Beurtheilung des Materiales allein massgebend sind, weisen beträchtlich hohe Werthe auf. Wie Schwendener gezeigt hat, steht das specifisch mechanische Gewebe in Beziehung auf Tragvermögen bei der Elasticitätsgrenze selbst dem Schmiedeeisen und in den besten Qualitäten selbst dem Stahle nicht nach. Er berechnete auf Grund zahlreicher Versuche das Tragvermögen pro Quadratmillimeter Querschnittsfläche auf 15 bis 20 und in seltenen Fällen bis auf 25 Kilogr., wobei eine Verlängerung der Bastbänder von 1 bis 1·5% erfolgte. Die Bastmassen des Roggenhalmes trugen, um ein Beispiel anzuführen, zur Zeit der Fruchtreife 15 bis 20 Kilogr. pro Quadratmillimeter, die Verlängerung auf 1000 betrug 4·4. Noch höhere

Werthe erhielt ich bei der Bestimmung der Tragfähigkeit verschiedener Bastbänder des Hanfes. Im Durchschnitt erforderte die Zerreissung eines 1 □Mill. im Querschnitt messenden Hanfbastbandes 34·55 Kilogr., wobei die durchschnittliche Verlängerung 1·27% betrug.

Bei der Verwendung dieses Materiales zu mechanischen Constructionen, welche die Herstellung der Biegungs- oder Zugfestigkeit der Pflanzen-Organe bezwecken, verfährt die Natur nach dem Principe, mit möglichst geringem Materialaufwande die grösstmöglichen Leistungen zu erzielen. Zu diesem Behufe verlegt sie die mechanischen Gewebsstränge in den oberirdischen Stamm-Organen an die Pheripherie derselben und ordnet sie nach dem Princip der I-förmigen Träger, des Hohlcylinders und anderer mechanischer Constructionen an, deren sich auch die Ingenieur-Wissenschaft beim Brückenbau etc. bedient. Die Mannigfaltigkeit der Combinationen, in welchen diese verschiedenen Constructionsweisen auftreten, ist namentlich bei den Monocotylen eine sehr grosse und Schwendener hat in dieser Hinsicht eine ganze Reihe von Systemen und Typen aufgestellt, auf welche aber hier nicht näher eingegangen werden kann.

Bei den unterirdischen Organen, den Rhizomen und Wurzeln, welche auf Zugfestigkeit in Anspruch genommen werden, stimmt die anatomische Thatsache, dass die Sklerenchym- oder Baststränge gegen die Mitte des Organs verlegt erscheinen, mit den Forderungen der theoretischen Mechanik gleichfalls vollständig überein.

Bei Monocotylen sowohl wie bei den Dicotylen kommt es sehr häufig vor, dass die mechanischen Gewebestränge an die Gefässbündel, dem zweiten Strangsysteme, welches den Pflanzenkörper durchzieht, direct angelehnt werden; namentlich erfolgt diese Anlehnung häufig an der Phloëmseite, und hat man in diesem Falle bisher die mechanischen Zellen als integrirende Bestandtheile des Gefässbündels betrachtet und im Gegensatze zum sogenannten Weichbast als „Hartbast" bezeichnet. Im secundären Holze der Dicotylen kommt es aber zu einer noch viel innigeren Verschmelzung vom Gefässbündel- und mechanischen Gewebssystem. Hier treten die einzelnen Sklerenchymzellen als sogenannte Libriformfasern zwischen den Elementen

des anderen Systems auf und durchdringen so gleichsam das letztere. Nach Schwendener ist auch das prosenchymatische Collenchym der Dicotylen dem mechanischen Gewebssysteme beizuzählen und hat bei seiner fortdauernden Wachsthumsfähigkeit das „provisorische Gerüste" während des intercalaren Aufbaues des Internodiums zu bilden.

Ueber den Einfluss besonderer Culturmassregeln auf die Festigkeit des Bastes sind von mir mit der Hanfpflanze Versuche angestellt worden. Dieselben ergaben:

1. Dass der günstige Einfluss der Bewässerung auf die Erhöhung der Tragfähigkeit des Bastes ganz unverkennbar ist; 2 Millimeter breite Bastbänder von nicht bewässerten Beeten ergaben eine durchschnittliche Tragfähigkeit von 4·12 Kilogr., die von den bewässerten Parcellen aber 5·48 Kilogr.

2. Dass die dichtere Stellung der Pflanzen auf die Festigkeit ihres Bastes gleichfalls einen günstigen Einfluss auszuüben scheint.

Das **Gefässbündel-System** besteht gleichfalls aus Gewebesträngen, deren Elemente aber weit mannigfaltiger sind in Bezug auf Form, Beschaffenheit der Zellwandungen und des Inhaltes, Anordnung u. s. w. als die Elemente des mechanischen Systems.

Allseitig genaue Untersuchungen über seine physiologische Bedeutung liegen noch nicht vor; doch kann man mit Bestimmtheit sagen, dass es das leitende System der Pflanze bildet und dergestalt die Leitung des Wassers, der Luft, der gelösten Nährsalze und der Assimilationsproducte (Eiweissstoffe wie Kohlehydrate) auf sich nimmt.

Mit Ausnahme der allereinfachsten Gefässbündel lässt sich in jedem solchen Strange ein sogenannter Bast- oder Phloëmtheil und ein Holz- oder Xylemtheil unterscheiden. Der erstere besteht fast immer aus zartwandigen, plasmareichen, langgestreckten Elementen, aus Cambiformzellen und Siebröhren. Dass die sogenannten Hartbastzellen, die „echten Bastfasern", als Bestandtheile eines anderen Systems hier nicht in Betracht kommen, wurde schon oben erwähnt. Der Holztheil setzt sich aus luftführenden Gefässen (Ring- und Spiralgefässe, netz- und leiterförmig verdickte Gefässe) und gefässartigen Elementen (Tracheïden), ferner aus Holzparenchymzellen und bei den Dicotylen aus den eigentlichen

Holzzellen oder Libriformfasern, die aber blos morphologisch als Bestandtheil des „Holzes" anzusehen sind, physiologisch aber zum mechanischen Gewebesystem gehören, zusammen. Ueber die Morphologie der hier aufgezählten Bestandtheile des Gefässbündels kann hier nicht im Einzelnen gesprochen werden und sind in dieser Hinsicht die ausführlicheren Lehrbücher der Pflanzen-Anatomie nachzuschlagen.

Was die Anordnung der beiden Haupttheile des Gefässbündels anlangt, so ist zu bemerken, dass der in den Stamm-Organen enthaltene Phloëmtheil stets nach aussen, gegen die Rinde zu, der Xylemtheil dagegen nach innen, der Axe zugekehrt, gelagert ist. Hinsichtlich der Anordnung der Gefässbündel selbst ist hier darauf aufmerksam zu machen, dass dieselben in den Stämmen der Monocotylen meist unregelmässig über den Querschnitt zerstreut sind, bei den Dicotylen dagegen in ringförmiger Anordnung erscheinen. Ein weiterer Unterschied zwischen den Gefässbündeln der Mono- und der Dicotylen besteht darin, dass die der ersteren geschlossen, die der letzteren offen sind. Ein geschlossenes Gefässbündel ist auf seinem ganzen Querschnitte in Dauergewebe übergegangen, eine nachträgliche Vergrösserung kann nicht mehr stattfinden. Bei dem offenen Gefässbündel dagegen bleibt eine zwischen Phloëm- und Xylemtheil gelegene prosenchymatische Zellschicht fortwährend oder doch längere Zeit hindurch im Zustande eines Bildungsgewebes. Diese Zellschicht heisst das Cambium, welches sich durch Ueberbrückung des parenchymatischen, zwischen den Gefässbündeln gelegenen Gewebes, der sogenannten primären Markstrahlen, zu einem ununterbrochenen Ringe vereinigt, welcher, aussen fortwährend neues secundäres Phloëm, innen Xylem bildend, das Dickenwachsthum des normalen dicotylen Stammes zur Folge hat.

Die Eigenschaft der Gefässbündel als leitendes Gewebesystem erfordert es selbstverständlich, dass dieselben von den Stammtheilen auch in die Blätter, vor Allem die Laubblätter, ausbiegen. Solche Stränge werden im Gegensatze zu den sogenannten stammeigenen die Blattspurstränge genannt.

Gegen das Nachbargewebe werden die Gefässbündel häufig durch besondere, ein- bis mehrschichtige Gewebescheiden, von verschiedenem, aber stets eigenartigem anatomischen Bau,

abgegrenzt. Man nennt dieselben Gefässbündelscheiden. Ihre Zellen besitzen bald eine gestreckt-parenchymatische Gestalt und führen häufig grössere Mengen von Stärkekörnern (Stärkescheiden), oder ihre Form ist eine mehr prosenchymatische, die Zellwandungen sind verholzt und gleichmässig oder mehr einseitig verdickt (Schutzscheiden).

Als **Grundgewebe** endlich sind jene Gewebecomplexe des Stammes, der Wurzeln oder der Blätter zu bezeichnen, welche nach der Ausbildung der bereits angeführten Gewebesysteme — also des Hautsystems, des mechanischen Systems und der Gefässbündel — noch übrig bleiben. Der Hauptmasse nach besteht das Grundgewebe aus gewöhnlichem Parenchym, dessen Zellen in den assimilirenden Organen Chlorophyllkörner, in den Speicherungsorganen Stärke und andere Reservestoffe, in vielen Fällen aber auch blos wässerigen Zellsaft enthalten. Das parenchymatische Grundgewebe des dicolylen Stammes wird durch den Gefässbündelkreis in zwei Partien getrennt: in eine centrale Masse, gewöhnlich aus sehr grossen und farblosen Zellen bestehend, welche als Mark bezeichnet wird, und in einen peripherischen Mantel, dessen Zellen Chlorophyll führen und welchen man primäres Rinden-Parenchym nennt. Zwischen den einzelnen Gefässbündeln erstrecken sich radiale Parenchym-Lamellen vom Mark zur Rinde, welche als primäre Markverbindungen oder Markstrahlen angesprochen werden. Im monocotylen Stamme ist natürlich bei der zerstreuten Lage der Gefässbündel die Unterscheidung von Mark und Markstrahlen nicht möglich, wenn man auch hier von einem Rinden-Parenchym zu sprechen pflegt.

Das Grundgewebe kann aber auch die Form von anderen Gewebe-Arten annehmen, es kann als nicht prosenchymatisches Sklerenchym und Collenchym erscheinen, es kann in noch veränderterer Form als Milchsaft führendes Gewebe (Milchzellen, Milchsaftgefässe) auftreten, Drüsen und Harzgänge bilden und endlich die Gestalt von im Innern der Organe auftretenden Haarbildungen etc. annehmen.

Die Stämme erscheinen als cylindrische oder prismatische Körper, oder sie sind kegelförmig, wobei sie oben oder unten einen grösseren Durchmesser besitzen können. Sie können selbst

eine Scheibenform annehmen, wenn der Querdurchmesser grösser ist als wie die Längsaxe; sie nehmen eine Knollenform an, wenn sie sich der Kugel- oder Ei-Gestalt oder der des Ellipsoids mehr nähern. Nicht selten ahmen sie auch die Gestalt von Laubblättern nach und übernehmen deren Function *(Ruscus)*. Oft sind sie dünn und langgestreckt, unvermögend, ihre eigene Last zu tragen, wobei sie sich auf den Boden hinlegen, oder sie winden und schlingen sich dann um aufrechte Stützen oder klammern sich mit Klammerwurzeln an Wände, Mauern, Felsen u. s. w. Meist sind die Stämme oberirdisch, oft stecken sie aber auch im Boden, wo sie dann entweder ein wurzelartiges Aussehen annehmen (Rhizome) oder zu zwiebel- und knollenartigen Gebilden sich umgestalten.

Wie man bei dem Wurzelsystem eine Hauptwurzel und zahlreiche Nebenwurzeln unterscheidet, so ist dies auch bei dem Stamme der Fall. Es gibt einen Hauptstamm, zu welchem sich das Knöspchen des Keimes entwickelt, und Zweige des Hauptstammes, welche aus letzterem hervorgehen. Man spricht von Haupt- und Nebenaxen des Stammes, könnte aber auch von Haupt- und Nebensprossen, Haupt- und Nebenzweigen reden und Axen zweiter, dritter, vierter und höherer Ordnung unterscheiden.

Hinsichtlich der verschiedenen Verzweigungssysteme sei übrigens auf die Lehrbücher der Botanik verwiesen.

Entweder sind die Seitensprosse normale oder Adventivsprosse.

Die Entstehung normaler Seitenzweige ist an die Blattstellung gebunden; bei unseren Mono- und Dicotyledonen entstehen sie immer in der Achsel der Blätter aus Achselknospen. Diese Knospen werden am Hauptzweige schon zu einer Zeit unterhalb des Vegetationskegels angelegt, wenn in dem Gewebe desselben die Differenzirungen noch nicht begonnen haben oder eben erst beginnen. Die Folge ist, dass die Gewebe des Mutterzweiges mit den entsprechenden Geweben des normalen Seitenzweiges in stetem Zusammenhange stehen, was sowohl von den Fibrovasalsträngen wie von den Rindengeweben und der Epidermis gilt, die ohne Unterbrechung in einander übergehen. Sonach ist die Bildung der normalen Seitensprosse eine exogene. In allen Fällen entstehen die normalen Seiten-

zweige in akropetaler Reihenfolge; die tiefer am Hauptspross entstehenden sind die früher angelegten, also älteren, die höher stehenden die jüngeren oder später angelegten.

Als Gegensatz zu den normalen Seitensprossen sind die Adventivsprosse zu erwähnen. Diese entstehen aus Adventivknospen nicht in regelmässiger Vertheilung und Stellung am Stamme, sondern zufällig an jeder beliebigen Stelle. Immer ist ihre Bildung endogen, d. h. sie entstehen aus dem Cambium, wo sie erst als kleine, kegelförmige Bildungen auftreten und, indem sie einen immer stärkeren Druck auf die Rinde durch das Wachsthum in die Länge ausüben, dieselbe durchbrechen. Wie bei den endogen gebildeten Nebenwurzeln wird auch bei den Adventivsprossen der Zusammenhang der Gewebe des Mutter- und Tochtersprosses kein continuirlicher sein, wenigstens nicht in Bezug auf das gesammte Rindengewebe und die Epidermis. Letztere geht also vom Muttersprosse nicht direct auf den Tochtersprosse über.

Die Adventivsprosse sind, wie der Name sagt, zufällig in Folge äusserer Ursachen entstanden. Wenn durch einen Eingriff eine Verstümmelung der Pflanzen stattgefunden hat, das heisst ein grosser Theil der Axillarknospen oder alle entfernt werden, dann entstehen zum Ersatze die Adventivknospen, welche sich nicht entwickelt haben würden, hätte der Eingriff nicht stattgefunden. Diese Erfahrung macht man namentlich bei holzartigen Gewächsen, wenn etwa in Folge starker Winterfröste die Krone erfriert, oder wenn ein starkes Zurückschneiden der Aeste oder gar der Abhieb des Stammes erfolgt. Es findet dann eben eine reichliche Bildung von Adventivknospen statt, der sogenannte Stock-Ausschlag, dessen Energie übrigens bei verschiedenen Holzgewächsen eine sehr verschiedene ist. Alle Nadelhölzer haben diese Eigenschaft in weit geringerem Grade als wie die Laubhölzer; unter letzteren besitzen Eichen, Linden, Ulmen, Weissbuchen, Ahorne, Birken, Pappeln, Weiden eine starke Reproductionskraft, Rothbuchen eine weit geringere. Diese Eigenschaft wird von grosser Bedeutung für die Verjüngung des Waldes; Baumbestände, die eine geringe oder in einem gewissen Alter gar keine Reproductionskraft mehr besitzen, müssen durch die Aussaat von Samen und als Hochwald erzogen werden, wogegen die Verjüngung der ausschlags-

fähigen Bäume nach erfolgtem Abhieb auch durch die Stock-Ausschläge im Niederwalde erfolgt.

Nicht immer ist aber die scheinbare Adventivsprossen-Bildung auch thatsächlich eine solche. Man darf nicht vergessen, dass die Pflanze gewöhnlich weit mehr echte Sprosse in ihren Blattwinkeln anlegt, als sie thatsächlich zur Ausbildung und Entfaltung bringt. Wenn nun die normale Verzweigung durch irgend einen äusseren Einfluss unterbrochen wird und die ausgebildeten Zweige verloren gehen, so gelangen die bereits angelegt gewesenen, aber bis dahin unentwickelt gebliebenen Sprosse zur vollständigen Ausbildung. Biologisch sind dies dann allerdings adventive Bildungen, sie sind es aber nicht im morphologischen Sinne. Nach Hartig gilt dies nicht selten auch für die Stockausschläge der Bäume.

Die allzu reichliche Bildung von Adventivknospen ist mitunter auch eine anormale, unerwünschte Erscheinung sowohl bei kraut- wie bei holzartigen Gewächsen. Eine solche Erscheinung tritt mitunter an Zuckerrüben, Futterrüben auf und nennt man dann solche Pflanzen Buschrüben; oder, und zwar häufiger, an holzartigen Gewächsen, wo sie zur Maserbildung Veranlassung gibt.

Fassen wir die Bedeutung des Stammes für die Entwicklung der Pflanze zusammen, so ergibt sich die Wichtigkeit desselben aus folgenden Betrachtungen:

1. Der Stamm birgt in sich die Hauptmasse des mechanischen Gewebesystems, des Skeletes, er repräsentirt also zunächst das feste Gerüste, ohne welches ein architektonischer Aufbau des ganzen Pflanzenkörpers gar nicht möglich wäre.

2. Der Stamm trägt die grünen Blätter, die wichtigsten und fast ausschliesslichen Organe, welche zur Erzeugung der organischen Substanz bestimmt sind.

3. Der Stamm vermittelt die Saftströmung in der Pflanze.

4. Der Stamm hat bei vielen Pflanzen die Aufgabe, jene Theile derselben, welche die geschlechtlichen Fortpflanzungs-Organe tragen, rasch bis zu einer gewissen Höhe emporzuheben. Auch die grünen Blätter gelangen in einer grösseren Entfernung vom Boden unter Verhältnisse, welche ihrer Beleuchtung günstiger sind, die Blüthen aber werden in grösserer Entfernung

vom Boden leichter von den Insecten aufgefunden und mit dem Pollen anderer Pflanzen befruchtet; endlich wird auf diese Art auch die Aussaat der Samen durch den Wind, Vögel u. s. w. ausserordentlich begünstigt.

5. Die unterirdischen Stämme werden anderer Momente wegen von Bedeutung. Mit Hilfe dieser können sie den Platz, den sie einmal occupirt haben, hartnäckig festhalten, mit Hilfe dieser können sie perenniren. In Rhizomen oder Knollen sammeln sie eine beträchtliche Menge von Reservestoffen an und bilden sie ihre Knospen soweit aus, dass sie dann zur rechten Zeit rasch emporwachsen und mit ihren oberirdischen Organen auf's Neue organische Substanz zu erzeugen vermögen, welche wieder zur Ausbildung neuer Rhizome und Knollen verwendet wird. So sind sie im Vortheil gegenüber jenen Pflanzen, welche immer wieder für ihre Samen einen neuen Platz erobern müssen.

6. Alle ausdauernden Stengel, mögen dieselben ober- oder unterirdische sein, haben auch die Aufgabe, als Ablagerungsorte für jene werthvollen Stoffe zu dienen, welche aus den einjährigen, absterbenden und abfallenden Theilen, also hauptsächlich aus den Blättern auswandern. Aus den Blättern aber wandert aus: das Protoplasma, selbst die Chlorophyll-Körner werden zum Theil aufgelöst und zur Wanderung veranlasst, Stärke und Zucker weggeführt; das Gleiche gilt von der Phosphorsäure und vom Kali. Zurück bleiben in den Blättern: Spuren von Protoplasma und den Chlorophyllkörnern, Nebenproducte des Stoffwechsels, welche für die Pflanze keine weitere Bedeutung haben, ein Gerüst ferner von Zellhäuten.

Nachdem wir die Bedeutung der Blätter in einem besonderen Abschnitte ausführlich erörtern werden, brauchen wir hier nur auf den zweiten Punkt, bezüglich der Saftbewegung in der Pflanze, näher einzugehen. Aber auch hinsichtlich dieser wollen wir uns hier nur mit dem aufsteigenden Saftstrom beschäftigen, bei dessen Zustandekommen Wurzel, Stamm und Blätter interveniren. Der Wanderung der in den Blättern erzeugten organischen Substanz werden wir an einer anderen Stelle gedenken, wenn wir erst die in den Zellen gebildeten wanderungsfähigen organischen Verbindungen werden kennen gelernt haben.

2. Das Saftsteigen.

Bei der Ernährung und dem Wachsthum der Pflanzen findet ein ganz beträchtlicher Wasserverbrauch statt. Das Wasser muss für die Assimilation den zur Bildung der Kohlehydrate nöthigen Wasserstoff liefern, der auch in die Formel einer ganzen Reihe anderer chemischer Verbindungen eintritt. Wasser ist ferner das Transportmittel der im Boden gelösten unorganischen Nährstoffe, sowie Lösungs- und Transportmittel der Producte des Stoffwechsels. Dazu kommt, dass der Verlust an Wasser, welchen jede lebende Pflanze durch Transspiration erleidet, ein ausserordentlich grosser ist, welcher im Tag selbst das Gesammtgewicht der Pflanze übersteigen kann, und dass, soll die Pflanze nicht welken und zu Grunde gehen, ein stetiger Ersatz des Wasserverlustes stattfinden muss. Während die durch die Ernährungsvorgänge hervorgerufene Wasserbewegung eine langsame und durch alle Gewebe gehende ist, wird die durch die Verdunstung bedingte energischere Strömung nur im Holzkörper der Fibrovasalstränge beobachtet. Werden bei einem Baume die übrigen Gewebe mit Ausnahme des Holzes durch Ringelung und Ausbohrung unterbrochen, so übt eine derartige Verletzung keinen Einfluss auf den Wasserverlust der transspirirenden Theile desselben aus. Zweige, welche in Farbstofflösungen gestellt werden, lassen diese nach einer bestimmten Zeit mehr oder minder hoch im Holzkörper und nur in diesem nachweisen.

In den Stengeln der Monocotyledonen sind eben so viele Strombahnen für die Wasserbewegung geschaffen, als zerstreute Gefässbündel im Stengel vorkommen. In den dicotylen Laub- und gymnospermen Nadelhölzern dagegen bewegt sich das Wasser in einem Strome, und zwar im Ringe des Holzkörpers aufwärts, der sich nach oben in so viele Arme theilt als Aeste und Zweige vorkommen, und dessen feinste Verzweigungen den feinsten Gefässbündel-Verzweigungen in der Nervatur der Blätter entsprechen. So stellt sich die aufwärts gerichtete Wasserbewegung im Stamme als das umgekehrte Bild eines reich entwickelten Fluss-Systemes dar.

Es ist klar, dass Wasserpflanzen, die ganz im Wasser versenkt sind, eines solchen Gewebes, das zur Saftbewegung

bestimmt ist, gar nicht bedürfen; solche besitzen auch die Fibrovasalstränge nicht dieses Zweckes, sondern mechanischer und bestimmter ernährungs-physiologischer Zwecke halber.

Bei dem Saftstrome im Stamme zum Gipfel wirken verschiedene Factoren zusammen; es ist nicht möglich, die Wirkung des einen von der der übrigen auseinander zu halten; doch mögen die Ursachen, welche auf diesen Safttrieb Einfluss nehmen, hier des Näheren im Einzelnen auseinandergesetzt werden.

Ein wesentlicher Factor ist schon berührt worden, jener, welcher im Wurzeldrucke besteht und veranlasst, dass die Flüssigkeit aus den Wurzeln mit einer gewissen Energie in die unteren Querschnitte des Stammes hineingepresst wird. Allein derselbe ist lange nicht ausreichend, um z. B. das kolossale Massenbedürfniss eines grossen, dichtbelaubten Baumes zu befriedigen und so hat man schon früher nach anderen Factoren gesucht, welche das ununterbrochene Saftsteigen im Holzkörper ermöglichen. Auf zwei Umstände musste dabei Rücksicht genommen werden. Erstens darauf, dass die betreffenden Erklärungen selbstverständlich im vollständigen Einklange mit den Gesetzen der Molekularphysik sich befänden, und zweitens darauf, dass sie nicht im Widerspruche stünden mit den anatomischen Thatsachen, welche die mikroskopische Untersuchung des Holzes ergibt.

Eine der ersten Erklärungen, welche das Saftsteigen betraf, fasste den ganzen Vorgang als eine rein endosmotische Erscheinung auf. Diese Erklärung aber hatte zur Voraussetzung, dass das Saftsteigen in den parenchymatischen, mit Zellsaft erfüllten Geweben der Wurzeln, Stämme und Blätter erfolge, eine Voraussetzung, welche, wie wir gesehen haben, nicht richtig ist. Die Holzzellen aber enthalten gerade zur Zeit der stärksten Transspiration Luft oder doch nur theilweise Zellsaft. Eine andere Erklärungsweise stützte sich auf die Erscheinungen der Capillarität. Man stellte sich die prosenchymatischen, durch Tüpfel mit einander angeblich communicirenden Capillarröhrchen vor, in welchen das Wasser bis in die Kronen der höchsten Bäume gehoben werden könne. Wenn die physikalischen und anatomischen Voraussetzungen dieser Hypothese richtig wären, so wäre hiemit allerdings eine sehr einfache und leicht ver-

ständliche Erklärung des Saftsteigens gewonnen. Weil aber die Holzzellen im Sommer stets Luft, wenigstens zahlreiche Luftbläschen enthalten, und es bekannt ist, wie sehr Unterbrechungen des continuirlichen Wasserfadens durch Luftbläschen die Capillaritäts-Bewegung behindern, ja unmöglich machen, so konnte auch diese Erklärung nicht genügen. Dazu kommt, dass nach neueren Untersuchungen von Sanio die behöften Tüpfel keine vollständigen Durchbrechungen der Holzzellwandungen sind, dass vielmehr die primäre Membran erhalten bleibt und sich seitlich an den linsenförmigen Hohlraum des Tüpfels anlegt. — Es war also, sobald man die Unrichtigkeiten der beiden genannten Hypothesen erkannt hatte, das Naheliegendste, die Strombahn in den Holzzellwandungen zu suchen und den ganzen Vorgang des Saftsteigens als eine sich stets erneuernde Imbibition derselben aufzufassen. Zwischen den einzelnen mit Wasserhüllen versehenen kleinsten Theilchen der organisirten Materie, den Mycellen, bewegt sich das Wasser aufwärts, wobei dieser Vorgang weniger mit der Capillaritäts-Bewegung als mit der Auflösung fester Körper in Wasser verglichen werden kann. Diese „Imbibitionstheorie", auf deren nähere Begründung hier nicht eingegangen werden kann, acceptiren gegenwärtig die meisten Pflanzenphysiologen als die plausibelste Erklärung des Saftsteigens, wenngleich auch sie diesen schwer verständlichen Vorgang noch nicht nach allen Seiten hin vollständig aufzuhellen im Stande ist.

Als ein Gegner der Imbibitionstheorie ist Boehm aufgetreten, welcher die Saftbewegung in den Stämmen und Zweigen, hauptsächlich auf Grundlage interessanter physikalischer Experimente, als eine Function der Transspiration, der Flüssigkeit der Zellwände und des Luftdruckes ansieht. Die Pflanzenzellen seien Bläschen, die ganz oder theilweise mit Flüssigkeit erfüllt, deren elastische Wände mit Wasser getränkt sind. Verlieren solche Bläschen einen Theil ihres Inhaltes durch Verdunstung, so wird, weil die feuchte Zellenwand nur für Luft durchdringbar ist, dieselbe durch den äusseren Luftdruck eng an den Inhalt gepresst. Diese Formveränderung jedoch sucht die elastische Zelle sobald als möglich aufzuheben, was ihr gelingt, wenn sie von aussen Luft oder Wasser ein-

saugt. Es wird also eine durch Transspiration gespannte Zelle ihren Nachbarzellen soviel Wasser entziehen, als nothwendig ist, damit ihre Wand wieder in die ursprüngliche Gleichgewichtslage kommt. Durch diesen Vorgang wird aber auch in den anliegenden Zellen die Gleichgewichtslage der Wandungen verändert, was diese Zellen zwingt, wieder von den unterhalb gelegenen Zellen Wasser aufzunehmen. So übertrage sich der Process endlich auf eine Zellpartie, welche mit Flüssigkeit entweder unmittelbar in Berührung steht, z. B. an dem abgeschnittenen Ende eines in Wasser gestellten Zweiges, oder welche an den feuchten Bodentheilchen haftet, wie z. B. die Wurzelhaare und Epidermiszellen der jungen Wurzeln.

DRITTER ABSCHNITT.

Die Blätter.

1. Morphologie der Blätter.

Unter Blättern verstehen wir jene Anhangsgebilde des Stammes, welche zu letzterem in dem am Anfange des vorigen Abschnittes angegebenen Verhältnisse stehen.

Jene Blätter, welche uns hier beschäftigen, sind die Laubblätter, die man auch schlechtweg als Blätter bezeichnet; meist vielfach gegliedert und grösser als die übrigen Blattgebilde, sind sie ausgezeichnet durch eine complicirtere Gewebebildung, durch reicheren Chlorophyllgehalt und durch längere Lebensdauer; sie sind um so zahlreicher, je geringer ihre Flächenausdehnung ist. Ihre Hauptaufgabe besteht darin, zu transspiriren und mit ihrem Chlorophyll-Apparat die organische Substanz zu produciren.

Ausser den Laubblättern können als besondere Blattformationen betrachtet werden:

a) Die Nebenblätter, das sind die untersten, meist paarweise vorhandenen Seitentheile des Blattes an dessen Insertion, von mannigfaltiger Form und Grösse. Nicht selten wandeln sich diese Nebenblätter in dornige Gebilde um und dienen den Pflanzen dann zum Schutz gegenüber den Weidethieren *(Robinia Pseud-Acacia)*.

b) Die Nieder- und Schuppenblätter unterscheiden sich von den eigentlichen Laubblättern durch die meist bedeutend geringere Flächenentwicklung, das stete Fehlen des Blattstieles, den einfacheren Bau und geringeren Chlorophyllgehalt, der auch ganz fehlen kann. Sie kommen meist an unterirdischen Axen (Rhizomen, Knollen) vor; an oberirdischen Stämmen, sowie an den Winterknospen der Holzpflanzen bedecken und schützen sie die jüngsten, noch in der Knospe eingeschlossenen, den Vegetationskegel bedeckenden Blätter; oft sind sie fleischig, wie bei der Schuppenwurz, fleischig und schalenartig, wie bei den Zwiebeln und dienen als Ablagerungsorte für die Reservestoffe. Auch die Keimblätter sind hieher zu rechnen; sie sind die ersten, eigenthümlich gebildeten Niederblätter der Pflanze.

c) Die Hochblätter folgen den eigentlichen Laubblättern in der Blüthenregion des Stengels und finden sich an den Verzweigungen der Inflorescenz als Tragblätter, Stützblätter oder als Bracteen. Sie sind oft lebhaft gefärbt, meist klein und unscheinbar, in der Form und Grösse sehr verschieden.

d) Als weitere Blattformationen müssen auch Kelch, Blumenblätter, Staubgefässe und Fruchtblätter aufgefasst werden, doch haben wir das Wichtigste über die Blüthen und Früchte in einem besonderen Abschnitte zusammenzufassen.

Ueber das Wachsthum und die Entwicklung aller Blätter sind folgende Gesetze ermittelt worden:

1. Die Blätter entstehen immer unter dem fortwachsenden Scheitel des Stammes, als seitliche Auswüchse, entweder einzeln oder zu mehreren in gleicher Höhe.

2. So lange der Vegetationskegel geradlinig fortwächst, der Blätter erzeugende Stengel sich also verlängert, entstehen die Blätter in akropetaler Ordnung.

3. Die Blätter entstehen immer aus dem Meristem des Vegetationskegels, niemals an solchen Stellen des Stammes, die bereits aus vollständig differenzirten Geweben bestehen.

4. Die Blätter sind daher immer exogene Bildungen; deshalb stehen die Gewebe des Blattes mit jenen des Stammes in unmittelbarem Zusammenhange. Die Epidermis des Stammes geht unmittelbar in jene des Blattes über, die Rinde des Stammes schliesst sich an das derselben entsprechende Grund-

gewebe des Blattes an, die Fibrovasalstränge bilden unmittelbare Fortsetzungen jener des Stengels.

5. Die Blätter wachsen in der Regel rascher als das Stengel-Ende, an welchem sie erzeugt werden, darum umhüllen und überwölben sie das Spross-Ende und bilden so eine Knospe, in deren Centrum der blätterbildende Vegetationskegel sich befindet.

6. Die Zahl der Blätter, welche sich am Vegetationskegel des Hauptsprosses und der Seitenzweige bildet, ist keine constante, sondern kann selbst bei einer und derselben Pflanzenart, selbst bei Individuen derselben Spielart je nach den Wachsthumsverhältnissen innerhalb ziemlich weiter Grenzen variiren; dabei genüge vorläufig die Bemerkung, dass die Axen meist in dem Verhältniss, in dem sie länger werden, auch mehr Blätter tragen.

7. Die Stellung der Blätter ist eine regelmässige, mögen sie an Achselsprossen oder an Adventivsprossen auftreten. Sie stehen entweder zu zweien oder mehr im Quirl oder vereinzelt oder zerstreut. Sie sind wechselständig oder gegenständig, kreuzständig, büschelig oder in einer Spirale in bestimmten Divergenzen geordnet, wobei die Zahl der Windungen der Spirale von einem Blatt bis zu einem in derselben Verticallinie darauffolgenden durch den Zähler, die Zahl der Blätter aber, die auf dieser Windung oder diesen Windungen stehen, durch den Nenner des Divergenzbruches bezeichnet wird, z. B. Divergenz $^1/_2$, $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, u. s. w.

Die anatomische Structur der Blätter lässt an der Ober- und Unterseite des Blattes bei den Phanerogamen und Gefäss-Kryptogamen eine Epidermis erkennen, die fast immer sowohl auf der Ober- wie Unterseite von Spaltöffnungen durchbrochen ist. Auf letzterer ist die Anzahl der Spaltöffnungen gewöhnlich eine grössere. In dem Grundgewebe, das den Zwischenraum ausfüllt und aus Blattparenchym oder Mesophyll besteht, findet sich ein System von stärkeren und schwächeren Gefässbündeln eingelagert, welche die Rippen oder die Nerven des Blattes bilden und entweder eine parallele Lagerung oder eine winkelnervige Verästlung zeigen. Letztere ist bei den Dicotylen, erstere bei den Monocotylen vorherrschend. Bei den Monocotylen umfassen die Blätter mit ihrer Basis häufig den ganzen Umfang des Stengels und bilden eine Scheide, bei den Dicotyledonen bleibt der untere Theil der Blätter häufig schmal

und bildet den Blattstiel, während die obere Region sich flach ausbreitet (Blattspreite). Diese Blattspreite ist entweder einfach oder getheilt, gelappt, gefiedert, zusammengesetzt u. s. w. Die Blattform ist ferner ausserordentlich mannigfaltig, wie ja auch der Rand und die Oberflächen-Beschaffenheit ausserordentliche Verschiedenheiten darbieten.

2. Bewegungen der Blätter.

Wenn es feststeht, dass die Blätter mit ihrem Chlorophyll-Apparat die organische Substanz produciren, und zwar unter dem Einflusse des Lichtes, so wird man einsehen, dass sie in dieser ihrer Thätigkeit umsomehr begünstigt sein müssen, je mehr ihre Blattspreiten der Lichtwirkung ausgesetzt sind, d. h. jemehr sie ihre Oberfläche dem Sonnenlichte zuwenden. Um die Blattspreiten in diese Lage zu bringen, reicht aber der einfache positive Heliotropismus der Blattstiele nicht aus. Derselbe muss sich vielmehr mit dem Geotropismus oder gewissen spontanen Wachsthums-Erscheinungen der Blätter combiniren, damit schliesslich als Resultirende dieser verschiedenen Kräfte die bestimmte Orientirung des Blattes und speciell der Blattspreite zu Stande komme.

Nicht zu verwechseln mit diesen langsamen, im Leben jedes Blattes nur einmal sich abwickelnden Bewegungs-Erscheinungen sind die sogenannten periodischen und die Reizbewegungen der Blätter. Man kann dieselben zunächst danach eintheilen, ob diese Bewegungen durch besondere Organe vermittelt werden oder nicht. Im letzteren Falle ist die periodische Bewegung eine Folge des durch meteorische Einflüsse verschieden afficirten Wachsthums der Blattstiele oder Blattspreiten. So werden z. B. bei *Chenopodium*, *Brassica*, *Linum* etc. die Blätter Nachts gehoben, das Wachsthum der Unterseiten ist gefördert. Am Tage senken sie sich wieder, weil jetzt die Blatt-Oberseiten im Wachsthume bevorzugt sind. Wenn die Bewegungen durch besondere Organe (gewöhnlich eigenthümlich wulstförmig gestaltete Theile des Blattstieles mit stark gespanntem Parenchym-Mantel und axilen Gefässbündeln) vermittelt werden, so hat man es entweder gleichfalls mit blos periodischen, durch den Wechsel von Tag und Nacht bedingten Bewegungen zu thun (Tag- und Nacht- oder Schlafstellung

der Leguminosen-Laubblätter), oder es kommt noch die Empfänglichkeit für mechanische Reize, Berührung, Erschütterung etc. hinzu (Blätter von *Oxalis acetosella*, *Robinia Pseud-Acacia*, *Mimosa pudica* etc.).

Das Alles sind Bewegungen, welche auch dem freien Auge sichtbar werden, allein die Lichtwirkung bedingt auch andere Bewegungs-Erscheinungen, welche sich auf die Chlorophyllkörner im Mesophyll der Blätter beziehen. Dieselben vermögen nämlich unter dem Einflusse des Lichtes ihre Stellung zu verändern; bei schwacher Belichtung sind sie an jene Zellwände angelagert, welche an die Aussenseite der Blätter grenzen, das Blatt erscheint sattgrün; wenn dagegen bei starker Besonnung die Seitenwände von ihnen bedeckt sind, dann erscheinen sie lichtgrün.

3. Wasseraufnahme und -Abgabe seitens der Blätter, Transspiration.

Was die Wasseraufnahme durch die Blätter betrifft, so ist zu unterscheiden zwischen der Wasseraufnahme in Form von Wassergas und in Form von tropfbar flüssigem Wasser. Es ist nun kein Zweifel darüber möglich und haben hierüber zahlreiche Versuche entschieden, dass die oberirdischen Pflanzentheile, also hauptsächlich die Blätter, das Wassergas aus der Luft nicht zu absorbiren vermögen. Wenn unsere Culturpflanzen in Töpfen gezogen, mit ihren Stengeln und Blättern auch in einen absolut feuchten Raum gestellt werden, so wird die Verdunstung zwar gehemmt, aber dennoch nicht völlig sistirt und die Pflanzen zeigen eine Gewichtsabnahme, in keinem einzigen Falle eine Gewichtszunahme.

Anders aber verhält sich die Sache, wenn die Blätter beregnet werden, wenn sich Thau auf ihre Oberfläche niederschlägt oder wenn sie ganz in's Wasser versenkt werden. Da wird ohneweiters an jenen Stellen der Blattspreite, wo eine Benetzung der Oberhaut möglich ist, durch Imbibition Wasser aufgenommen und nach innen geschafft werden können. Auch ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass Tropfen, welche auf die Spaltöffnungen zu liegen kommen, durch Capillaritätswirkung in die Athmungshöhle und die benachbarten Intercellular-Räume gelangen und hier die angrenzenden Zellwände

benetzen und auf endosmotischem Wege auch in's Innere der Zellen gelangen. Zellmembranen allerdings, welche verkieselt sind, oder welche einen Wachsüberzug besitzen, werden die Regen- und Thautropfen abfliessen lassen, aber die Mehrzahl der Blätter lassen doch an jenen Stellen, wo Haare aufsitzen und Spaltöffnungen vorhanden sind, eine Aufnahme des Wassers möglich erscheinen. Taucht man abgeschnittene Blätter in's Wasser, ohne dass die Schnittfläche mit dem Wasser in Berührung kommt, so werden immer reichliche Mengen von Wasser aufgenommen, das schliesslich alle Intercellular-Räume des Blattes erfüllt, so dass der Wassergehalt um 50 bis 100% steigen kann. Solche Blätter haben dann ein ganz anderes Aussehen, sie sind wie durchfettet und durchsichtig geworden, weil eben die Luft der Intercellular-Räume durch das eingedrungene Wasser gänzlich verdrängt worden ist.

Dabei kann indessen nicht übersehen werden, wie die Wasseraufnahme auf diesem Wege nur bei Regenwetter und bei vorkommender Thaubildung möglich ist, dass sie also nur eine spärliche ist und den Wasserbedarf der Pflanze nicht im Entferntesten zu decken vermag. Sie beträgt von dem Wasserbedarf der Pflanze während ihrer ganzen Lebenszeit nur einen sehr kleinen Bruchtheil und fällt für das Gedeihen der Pflanze gar nicht in Betracht.

Ist die Bedeutung der Blätter bezüglich der Wasseraufnahme nur eine verschwindend kleine, so ist dagegen ihr Einfluss bezüglich der Verdunstung oder Transspiration der Pflanzen der allerwichtigste.

Die Verdunstung findet sowohl an der gesammten Oberfläche, wie aus dem Innern der Blätter statt. Im letzteren Falle sind es die Intercellular-Räume, welche den Wasserdunst aufnehmen, um ihn durch die Spaltöffnungen der äusseren Atmosphäre zuzuführen.

Die Verdunstung an der Oberfläche der Blätter wird durch die Oberhautzellen vermittelt; jene, deren Membran imbibitionsfähig ist, werden hiebei mehr leisten, als jene, die nicht benetzbar sind. Dabei wird natürlich nicht nur die Membran der oberflächlich gelegenen Zellen, sondern auch der Inhalt der Zellen wasserärmer und sie werden diesen Wasser-

verlust von rückwärts und von unten her durch die Zuleitung vermittelst der Blattnerven zu ersetzen suchen.

Die Grösse der Verdunstung seitens der Pflanze hängt sowohl von dem Bau der Blätter, als auch von äusseren Bedingungen ab. Ist die Membran der Oberhautzellen nicht imbibirbar, so wird die Verdunstung durch dieselbe auf ein Minimum reducirt sein. In diesem Sinne wirkt vor Allem die Cuticula. Immergrüne Blätter, solche, welche eine derbe, ledrige Beschaffenheit, solche, welche eine mehrschichtige Epidermis haben, besitzen immer auch eine derbere Cuticula und schützt diese gegen eine stärkere Verdunstung, und beschränkt sie umsomehr, wenn gleichzeitig bedeutende Wachsmengen den Membranen ein- oder aufgelagert sind.

Auch dadurch wird die Verdunstung durch die Membranen gehemmt, wenn sie von einem dichten Haarfilz trockener, abgestorbener, luftführender Trichome überdeckt sind, wenn ferner ihre Oberfläche von Schuppen, Drüsenhaaren u. s. w. bedeckt und die Grösse der transspirirenden Oberfläche auf ein Minimum reducirt ist. Um so ausgiebiger wird die Verdunstung sich gestalten bei zarten und zugleich grossen Blättern, bei solchen, die kahl oder nackt sind, welche keine cuticularisirten Oberhaut-Zellmembranen besitzen, auch von keiner Wachs- oder Fettschicht bedeckt sind.

Die in die Intercellular-Räume verdunstende Wassermenge wird um so ausgiebiger sein, je weiter die Intercellular-Räume und je wasserreicher die angrenzenden Zellen sind. Der im Innern dieser Räume ausgeschiedene Wasserdampf wird durch die Spaltöffnungen der Atmosphäre zugeführt. Für die Entfernung des Wasserdampfes aus den Intercellular-Räumen ist die Steigerung der Spannung desselben in diesen Organen, wie das Sinken der Dampfspannung ausserhalb der Pflanze massgebend. Bei Gewächsen mit starken Cuticularbildungen und Wachsablagerungen auf und in denselben sind daher die Intercellulargänge mit den Spaltöffnungen die Hauptorgane der Transspiration, deren Grösse dann von der Weite der ersteren und Zahl der letzteren abhängig sein wird. Indessen steigt auch bei anderen Pflanzen die Verdunstung mit der Zahl der auf einer bestimmten Fläche vorkommenden Spaltöffnungen. Die Unterseite der Blätter verdunstet daher in der Regel mehr

Wasser als die Oberseite derselben in gleicher Zeit. Jüngere Blätter haben zahlreichere, ältere weniger Spaltöffnungen auf gleicher Fläche. Die oberen Blätter an einem Stengel sind deshalb auch immer reicher an denselben, als die unteren. Als ein Beispiel der Vertheilung der Spaltöffnungen seien Angaben für eine Kohlpflanze mitgetheilt, bei welcher ausnahmsweise die Blattoberseite spaltöffnungsreicher ist.

	Zahl der Spaltöffnungen auf 1 Q.-Millim. Unterseite	Oberseite
Unterste Blätter	80— 95	120—128
Blätter in Mittelhöhe	134—148	168—178
Blätter über der Mitte . . .	200—220	268—294
Hochblätter	268—294	330—370

Unter den äusseren Bedingungen für die Transspiration spielt zuerst der Feuchtigkeitsgehalt der Luft eine wichtige Rolle, da bei sonst gleichen Bedingungen mit der Steigerung desselben die Menge des von der Pflanze verdunstenden Wassers sich verringert, umgekehrt aber erhöht. Im mit Wasserdampf gesättigten Raume ist die Verdunstung fast gleich Null. In einer sehr trockenen Atmosphäre tritt dagegen, falls nicht eine ausgiebige Wasserzufuhr nach den transspirirenden Organen hin stattfindet, ein rasches Welken ein.

Von grossem Einflusse auf die Grösse der Transspiration ist ferner die Temperatur. Je höher dieselbe steigt, umsomehr wird auch die Verdunstung zunehmen, besonders wenn gleichzeitig der Feuchtigkeitsgehalt der Luft sich verringert; daher wird mit dem täglichen Gang der Temperatur und Luftfeuchtigkeit auch die Verdunstung der Pflanzen steigen und fallen, in den ersten Nachmittagsstunden das Maximum, in der Nacht das Minimum erreichen.

Auch die Beschaffenheit der Nährstofflösungen übt Einfluss auf die Grösse der Transspiration. Verdünnte Säuren beschleunigen dieselbe, verdünnte Alkalien hemmen sie. Während ferner einfache Salzlösungen die Pflanze zu stärkerer Verdunstung veranlassen, setzen gemischte Nährstofflösungen dieselbe wieder herab. Im Allgemeinen lässt sich aber sagen, dass ein grösserer Salzgehalt der Pflanzensäfte die Transspiration vermindert, wie man ja aus dem Umstande schliessen kann, dass die Salzpflanzen der Steppen andauernde Trockenheit in ausgezeichneter Weise zu ertragen vermögen.

Ferner wirken stärkere Erschütterungen und Beugungen der Pflanzentheile durch Wind steigernd auf die Transspiration. Die bewegte Luft wird schon deshalb fördernd auf die Verdunstung der Pflanzen Einfluss nehmen, weil solche den Wasserdampf aus der Umgebung der Pflanzen schafft und somit die Pflanzen mit trockeneren Luftschichten in Berührung kommen.

Erschütterungen der Pflanzen wirken aber auch insoferne, als dabei die Intercellular-Räume durch Pressung verengert werden und der Wasserdampf in Folge dessen durch die Spaltöffnungen rasch ausgestossen wird. Je heftiger die Erschütterung ist, um so stärker werden die Störungen in der Dampfdichtigkeit sein. Da aber der ausgestossene Wasserdampf durch sofort in die Intercellular-Räume mittelst der Spaltöffnungen eindringende atmosphärische Luft ersetzt wird, so tragen derartige Erschütterungen wesentlich zur stetigen Erneuerung der inneren Atmosphäre der Pflanze bei.

Abhängig ist die Grösse der Verdunstung der Pflanzen auch vom Barometerstande; sie wird unter sonst gleichen Verhältnissen bei Zunahme des Druckes fallen, bei Abnahme desselben steigen.

Interessant ist ferner die Thatsache, dass die Verdunstung bei zunehmender Wasserarmuth und anhaltender Trockenheit sich wesentlich verlangsamt, dagegen dann eine viel höhere ist, wenn die Pflanzen mit Säften strotzend erfüllt sind. Im ersteren Falle kann jedenfalls angenommen werden, dass die äusseren Schichten der verdunstenden Zellmembranen der Oberhautzellen und derjenigen, welche an die Intercellular-Räume angrenzen, weniger mit Wasser imbibirt sind, also auch weniger Wasser abgeben, wie im Falle der grössten Saftfülle. Damit in Beziehung steht auch der Umstand, dass durchnässte Pflanzen, wenn sie auch mehr Wasser enthalten, als nicht beregnete, nach erfolgtem Abschneiden rascher austrocknen als letztere. Das gilt z. B. für abgemähtes Gras, das, wenn es im bethauten oder beregneten Zustande gemäht wird, rascher austrocknet, als das im äusserlich trockenen Zustande geschnittene; auch beim Laub der Maulbeerbäume sieht man dies, welches, beregnet und von den Bäumen im nassen Zustande abgestreift, rascher welkt, als trocken eingebrachtes. Auch

Blumensträusse, während des Regens im nassen Zustande gebunden, welken verhältnissmässig rascher als trocken abgeschnittene.

Schliesslich ist auch noch des Einflusses des Lichtes zu gedenken, das die Transspiration entschieden begünstigt. Allerdings ist es fraglich, ob unter dem Einflusse des Lichtes sich die Spaltöffnungen mehr erweitern als im Dunkeln. Durch Versuche aber ist festgestellt, dass jene Lichtstrahlen, welche, in die Blätter eindringend, von dem Chlorophyll-Farbstoffe absorbirt werden, durch ihren Umsatz in Wärme eine raschere Verdampfung des Wassers bewirken (Wiesner).

Es soll nunmehr die Grösse der Verdunstung für verschiedene Pflanzen, namentlich für Culturgewächse genauer angegeben werden.

Nach Risler verdunsten 100 Quadrat-Centimeter in einer Stunde im Mittel der ganzen Vegetationszeit:

bei Luzerne	0·46 Gramm	bei Kartoffel . . .	0·085 Gramm
„ Rasen	0·21 „	„ Weinrebe . . .	0·12 „
„ Weizen . . .	0·175 „	„ Eiche	0·06 „
„ Hafer	0·14 „	„ Tanne	0·052 „
„ Mais	0·16 „		

Bei Berücksichtigung der Flächenausbreitung der Pflanzen berechnet er, dass die mittlere Verdunstung der genannten Pflanzen gedeckt werde durch einen Niederschlag, der täglich betragen muss:

bei Luzerne . 3·4 —7·0	Millim.	bei Mais . . 2·8 —4·0	Millim.
„ Rasen . . 3·14—7·28	„	„ Kartoffel . . 0·74—1·4	„
„ Weizen . 2·67—2·8	„	„ Weinrebe . 0·86—1·3	„
„ Hafer . . . 3·9 —4·9	„	„ Eiche . . . 0·45—0·8	„
„ Roggen . . 2·26	„	„ Tanne . . . 0·5 —1·1	„

Als Beispiele schwächerer und stärkerer Verdunstung mögen ferner nach meinen eigenen Untersuchungen nachfolgende Angaben dienen:

	Gesammt-Oberfläche der Pflanzen in Q.-Centim.	Grösse der Transspiration für 100 Q.-Centim. in Grammen
Mohar	763·0	1·84
Rispenhirse . . .	1591·8	1·91
Tabak	7972·0	2·01
Mais	8911·6	2·157
Rothklee	1159·0	3·06
Mohn	—	3·08
Buchweizen	6612·0	3·61

	Gesammt-Oberfläche der Pflanzen in Q.-Centim.	Grösse der Transspiration für 100 Q.-Centim. in Grammen
Fisolen	—	3·85
Pferdebohnen . . .	—	3·95
Hopfen	—	4·06
Raps	133·0	5·31
Sonnenblume	49.424·2	5·34
Lein	340·5	6·79
Hanf	9.607·6	7·22

Es mögen diese Daten ergänzt werden durch eine Zusammenstellung der Grösse der Verdunstung der Getreidepflanzen, wobei eine bestimmte Fläche und eine bestimmte Zahl der auf dieser stehenden Pflanzen zu Grunde gelegt ist. (Siehe umstehende Tabelle.)

Nach diesen Berechnungen benöthigt 1 Million

Roggenpflanzen	pro	Hektar	im	Ganzen	834.890	Kilogramm	Wasser
Weizenpflanzen	„	„	„	„	1,179.920	„	„
Gerstenpflanzen	„	„	„	„	1,236.710	„	„
Haferpflanzen	„	„	„	„	2,277.760	„	„

welches Wasserquantum der Reihe nach einer Wassersäule gleichkäme, die den Boden 83·5, 118·0, 123·7 und 227·8 Millimeter hoch bedecken würde.

Diese Wassermengen dürften allerdings im Hinblick auf die bisher verbreiteten Ansichten und selbst im Vergleich zu jenen Zahlen, welche Risler mittheilt, verhältnissmässig zu niedrig erscheinen. Nach den Berechnungen des Letzteren kommt das Wasserquantum, welches der Weizen erfordert, für einen Tag durchschnittlich 2·735 Millimetern gleich; Hafer benöthigt nach ihm täglich eine Wassersäule von 4·4 Millimeter, Roggen eine solche von 2·26 Millimeter. Das gäbe bei einer Vegetationszeit von 90, 85 und 95 Tagen für Weizen, Roggen und Hafer ein erforderliches Regenquantum

für Weizen	von	247·15	Millimeter	oder	2,471.500	Kilogr.	pro Hektar
„ Roggen	„	221·0	„	„	2,210.000	„	„ „
„ Hafer	„	418·0	„	„	4,180.000	„	„ „

oder ziemlich das Doppelte des nach meinen Versuchen nachgewiesenen Erfordernisses. Diese grosse Differenz wird aber zum Theile dadurch bedingt, dass den Berechnungen pro Hektar verschieden grosse transspirirende Gesammtoberflächen zu Grunde gelegt wurden. Vergleicht man die für einen Tag im Mittel der ganzen Vegetationszeit pro 100 Quadrat-Centimeter gefundenen Werthe, so ergeben sich viel geringere Differenzen.

Berechnung der Verdunstungsgrösse einzelner Pflanzen während ihrer Vegetationsperiode und sämmtlicher Pflanzen eines Hektars.

Bezeichnung der Getreideart	Zahl der Sprosse einer Pflanze	Durchschnittl. Länge derselben in Centim.	Zeitdauer der Entwicklung in Tagen	Grösse der Oberfläche, für welche die Verdunstung berechnet wurde, in Q.-Centim.	Durchschnittliche Verdunstungsgrösse pro Tag für 100 Q.-Ctm. der Oberfl.	Daher beträgt die Verdunstung einer Pflanze pro Tag in Grammen	Grösse der Verdunstung der einzelnen Pflanze in Grammen		Zahl der Pflanzen pro Hektar	Grösse der Verdunstung aller Pflanzen eines Hektars in Kilogr.	
							für die genannte Periode	zusammen		für die genannte Periode	zusammen
S.-Weizen.											
1. Periode . . .	6	20	25	111·6	5·136	5·732	143·30		1,000.000	143.300	
2. „ . . .	8	45	25+25	427·6	2·802	11·981	299·50		1,000.000	299.500	
3. „ . . .	8	80	25+25+40	693·55	2·657	18·428	737·12	1179·92	1,000.000	737.120	1,179.920
S.-Roggen.											
1. Periode . . .	4	21	25	114·2	3·765	4·300	107·50		1,000.000	107.500	
2. „ . . .	5	68	25+25	414·0	2·611	10·809	270·22		1,000.000	270.220	
3. „ . . .	5	110	25+25+35	601·4	2·172	13·062	457·17	834·89	1,000.000	457.170	834.890
Gerste.											
1. Periode . . .	4	18	25	157·6	5·212	8·214	205·35		1,000.000	205.350	
2. „ . . .	6	28	25+25	477·3	3·273	15·622	390·55		1,000.000	390.550	
3. „ . . .	6	70	25+25+35	631·8	2·898	18·309	640·81	1236·71	1,000.000	640.810	1,236.710
Hafer.											
1. Periode . . .	4	21	25	378·5	3·272	12·384	309·60		1,000.000	309.600	
2. „ . . .	5	46	25+25	1148·0	2·438	27·988	699·70		1,000.000	699.700	
3. „ . .	5	88	25+25+45	1232·0	2·288	28·188	1268·46	2277·76	1,000.000	1,268.460	2,277.760

So verdunstet z. B.

Weizen		Hafer	
nach mir . . .	3·53 Gramm	nach mir . . .	2·67 Gramm
„ Risler . .	4·20 „	„ Risler . .	3·36 „

Wird berücksichtigt, dass der Getreidebau selbst noch in solchen Gegenden möglich ist, wo der gesammte jährliche Niederschlag 370—400 Millimeter beträgt, dass von diesem aber nur $^1/_3$—$^2/_5$, sonach 123—133 oder 148—160 Millimeter den Getreidesaaten zugute kommen, so wird man wohl die kleineren, von mir gemachten Zahlenangaben für solche erachten, welche der Wahrscheinlichkeit sehr nahe kommen.

Mit diesem geringeren Bedarf stimmen übrigens auch Hellriegel's Ergebnisse nahe überein, der auf Grundlage seiner Versuche über den Wasserbedarf der Cerealien als Erforderniss zur Production einer mittleren Gerstenernte das Quantum von 1,383.000 Kilogr. pro Hektar angibt.

Schliesslich muss darauf hingewiesen werden, dass der entscheidendste Factor in der Rechnung die Dichte der Stellung der Pflanzen und die davon abhängige Gesammtoberfläche der transspirirenden Pflanzentheile ist. Der Landwirth, dem es in trockenen Gegenden um die Erhaltung der Bodenfeuchte und um Ausnützung derselben bis zur erfolgenden Reife seiner Saaten zu thun ist, kann keinen verhängnissvolleren Fehler als den einer zu dichten Saat begehen. Aber auch eine Verunkrautung des Feldes wird die gleiche Folge haben, umsomehr, als den meisten Unkräutern eine stärkere Transspiration als den Getreidearten zukommt.

Am leichtesten lässt sich bei Mais und Hackfrüchten, welche in Reihen gebaut werden, die Grösse der Verdunstung oder der Wasserverbrauch aus dem Boden durch die Zahl der Pflanzen reguliren. Bei erwachsenen Maispflanzen z. B. variirt die Gesammtoberfläche der oberirdischen Theile zwischen 5000 bis 25.000 Quadrat-Centimeter; combinirt man diese Zahlen mit der Dichte des Bestandes, welche vom 1—4fachen wechseln kann, so erhält man bezüglich der Grösse der transspirirenden Oberfläche eines Maisfeldes sehr grosse Differenzen.

Man kann sagen: Alle Umstände, welche Einfluss nehmen, um die Verdunstung freier Wasserflächen zu vermindern oder zu vergrössern, nehmen einen solchen in derselben Richtung auch bei der Transspiration der Gewächse. Doch ist die Ver-

dunstungsgrösse der Oberfläche des Bodens, wenn derselbe benetzt ist, so wie die einer freien Wasserfläche unter gleichen Verhältnissen immer weit grösser, als die einer gleich grossen transspirirenden Pflanzenoberfläche.

So verdunstet beispielsweise

von Ackererde, die	15%	Feuchtigkeit	enthält	pro	Q.-Dec.	in	24 St.	22·584 Gr.
„ „ „	30%	„	„	„	„	„	24 „	28·250 „
„ „ „	35%	„	„	„	„	„	24 „	32·066 „
„ Sand der	10%	„	„	„	„	„	24 „	23·710 „
„ „ „	15%	„	„	„	„	„	24 „	30·611 „
„ „ „	25%	„	„	„	„	„	24 „	34·485 „
„ Moorerde die	50%	„	„	„	„	„	24 „	15·813 „
„ „ „	75%	„	„	„	„	„	24 „	21·435 „
„ „ „	100%	„	„	„	„	„	24 „	27·501 „
„ destillirtem Wasser					„	„	24 „	26·611 „

woraus zu ersehen ist, dass feuchte Erde wie der freie Wasserspiegel 3- bis 16mal so viel verliert, als die geschützte grüne Pflanzenoberfläche.

Schliesslich ist noch des Umstandes zu gedenken, dass die Blätter — und es wird dies auch für die Stengel gelten — mit zu- und abnehmendem Wassergehalte ihr Volumen vergrössern und verringern, dass sonach das letztere je nach den Witterungsverhältnissen und der Tageszeit fortwährende Schwankungen zeigen muss. Bei verschiedenen Blättern, deren Flächenmass im frischen Zustande bestimmt wurde und bei welchen dann eine Trocknung mit Vermeidung jeder Schrumpfung erfolgte, betrug die Schwendung in Procenten der Länge, der Breite und des Flächenausmasses:

	Längen-Abnahme	Breiten-Abnahme in Procenten	Flächen-Abnahme
Bei den Blättern der Runkelrübe .	9·09	9·99	20·15
„ „ „ des Tabaks . . .	9·75	11·47	22·3
„ „ „ „ Blumenkohls	11·59	14·01	22·7
„ „ „ der Pferdebohne	7·21	17·88	25·4
„ „ „ des Rübsens . .	7·81	17·91	28·61
„ „ „ „ Rapses . . .	12·69	15·21	29·63
„ „ „ „ Mohns . . .	7·89	15·55	30·75
„ „ „ „ Hopfens . .	22·14	3·33	31·21
„ „ „ der Gerste . . .	0·2	34·10	31·66
„ „ „ des Hafers . . .	0·71	29·75	34·28
„ „ „ „ Maises . . .	0·97	38·28	39·32
„ „ „ „ Kürbis . . .	24·14	15·29	41·29
„ „ „ „ Waids . . .	14·7	30·62	41·48

Man sieht zunächst, dass die Schwendung in der Länge und Breite eine sehr ungleiche ist, und jene in der Breite meist vorwiegt. Gewiss ist, dass diese Fähigkeit der grünen frischen Pflanzenblätter, sich entsprechend ihrer Austrocknung zusammenzuziehen, von grossem Vortheil für das Leben der Pflanze ist. Verlieren die safterfüllten Zellen der Blätter einen Theil ihres Wassergehaltes, so vermindert sich das Volumen der einzelnen Zelle, wie das des ganzen Blattes. Diese Volumabnahme bewirkt, dass der Zellraum auch dann noch ausschliesslich von einer Flüssigkeit erfüllt ist, wenn sein flüssiger Inhalt schon sehr beträchtliche Verluste erfahren hat. Wäre die Zellwand starr und einer Zusammenziehung und Ausdehnung unfähig, so müsste in jede Zelle, welche durch Verdunstung Wasser abgibt, an die Stelle des ausgetretenen Wassers Luft von den Intercellulargängen her diffundiren; damit wäre aber der noch in der Zelle befindliche feste oder flüssige Inhalt der Zersetzung preisgegeben. Vor solcher Gefahr werden die Blätter durch die Eigenschaft, sich zusammenzuziehen und auszudehnen, bewahrt. Ob durch dieses Vermögen zugleich das leichter oder schwerer eintretende Verwelken der Blätter angedeutet wird, muss dahin gestellt bleiben. Immerhin wäre es möglich, dass Blätter, welche sich stärker zusammenzuziehen vermögen, auch langsamer welken, und dass bei solchen das Welksein erst später jenen Grad erreicht, wo ihr Absterben unvermeidlich geworden ist, auch dann, wenn ein ausgiebiger Regen dem bisherigen Wassermangel abgeholfen haben sollte.

4. Das Zusammenwirken der Wurzelkraft, der Wasserleitung im Holze und der Transspiration.

Die drei Organe, welche bei der Wasserleitung thätig sind: die Wurzel, das Holz, die Blätter, wirken zunächst, für sich, jedes durch seine eigene Kraft; in der Wurzel ist es vorzüglich die endosmotische Kraft des Zellinhaltes, welche das Wasser hineinschafft und in die Hohlräume des Holzes presst; im Holzkörper wirkt namentlich die Imbibition, und nach Boehm die saugende Wirkung der einzelnen elastischen Zellen, um das Wasser theils in den Zellen, in den Zellmembranen und in den Gefässen emporzuheben. Die Blätter endlich verdunsten das Wasser nach Massgabe ihrer inneren Zustände und

der äusseren Einflüsse, zunächst ohne Rücksicht auf die Wurzelkraft und die Wasserleitung im Holze. Je nach Umständen kann nun der quantitative Erfolg dieser Wirkungen der einzelnen Organe ein derartiger sein, dass:

1. der Transspirationsverlust durch die Blätter, durch die Zufuhr von unten her, gerade gedeckt wird; oder

2. die Wurzeln mehr aufnehmen, als die Blätter transspiriren;

3. der Transspirationsverlust grösser ist, als durch die endosmotische Wirkung der Wurzel in die Pflanze hinein gelangen kann.

Dadurch geräth das Innere der Pflanze in verschiedene Zustände, die sich nach aussen hin durch besondere Merkmale äussern können.

1. Man kann es als den normalen Zustand der Pflanzen ansehen, wenn die Wurzeln gerade so viel Wasser aus dem Boden aufnehmen und in den Holzkörper schaffen, als derselbe oben an die transspirirenden Blätter abgibt. Wollte die Schnelligkeit gemessen werden, mit welcher in einem solchen Fall der Flüssigkeitsstrom in dem Xylemtheil der Gefässbündel sich nach oben bewegt, so müsste man für eine bestimmte Zeitperiode die Grösse des Wasserverlustes durch Verdunstung ermitteln, man müsste ferner die Querschnittsfläche der Holzzellwandungen kennen, und zwar sowohl im trockenen, wie im imbibirten Zustand. Zöge man erstere von letzterer ab, so erübrigte die Querschnittsfläche der sich bewegenden Wassersäule, mit der man dann in den ermittelten Wasserverlust hineinzudividiren brauchte, um die Höhe der Wassersäule für die bestimmte Periode zu erfahren. Da es kaum möglich ist, die Grösse des Querschnittes der trockenen und der imbibirten Holztheile einer Pflanze genau zu ermitteln, so leuchtet ein, dass alle Angaben, die in der Literatur über die Schnelligkeit der Saftbewegung im Stengel vorliegen, nur mit Vorsicht aufzunehmen sind. Auch Versuche, die in der Art angestellt werden, dass man gefärbte Lösungen durch die Versuchszweige aufsaugen lässt und nach gewissen Zeiträumen bestimmt, wie hoch dieselben im Holzkörper aufgestiegen sind, geben keine verlässlichen Anhaltspunkte, weil bei solchen Versuchen das Wasser dem gelösten Stoff vorauseilt, der gelöste Farbstoff immer mehr von der oberen Grenze

des voraneilenden Wassers zurückbleibt. Wenn dagegen der im Wasser gelöste Stoff nicht verändernd oder verstopfend auf die Zellhäute einwirkt und von ihnen nicht aufgespeichert wird, wie Kochsalz, Salpeter, Lithiumsalze u. s. w., so nimmt das Wasser diese Stoffe fast ohne Verzögerung mit sich fort. Derartige Stoffe können, mit Zuhilfenahme spektroskopischer Analysen, wohl dazu dienen, die Geschwindigkeit des aufsteigenden Wasserstroms in den Zellwänden des Holzes zu bestimmen. Nach Berechnungen, welche durch Sachs nach Massgabe der Verdunstungsgrösse der Blätter und der Grösse des Querschnittes der saftleitenden Holzzellen angestellt worden sind, kann sich der Saft im Stamme mit einer Geschwindigkeit von 0·02—0·06 Millimeter pro Secunde aufwärts bewegen, was pro Tag eine Höhe von 1·5—4·5 Meter ausmacht. Würde man bei starker Vergrösserung die einzelnen Wassermolecüle in der Zellmembran sich bewegen sehen, so würden sie in rapider Bewegung erscheinen; sähe man sie mit freiem Auge, so wäre ihre Bewegung kaum eine doppelt so schnelle als die Spitze des Minutenzeigers einer Taschenuhr.

2. Der zweite Fall tritt ein, wenn die Wurzel mehr Wasser aufnimmt, als durch die Transspiration entweicht; dieser Fall kann bei jeder Pflanze eintreten, wenn durch äussere Umstände die Verdunstung verlangsamt wird oder gar aufhört, während die Wurzel ihre Thätigkeit fortsetzt. Natürlich wird hiebei das Gewebe der Pflanzen strotzend mit Wasser erfüllt. Wir haben gesehen, dass unter solchen Verhältnissen der Saft aus allen verletzten Stengeltheilen, selbst aus unversehrt gebliebenen Blattspitzen und den Zähnen der Blatträndern, herausgepresst werden kann.

3. Wenn schliesslich der Transspirationsverlust der Blätter grösser ist, als die durch die Wurzeln geleistete Zufuhr von Wasser, so wird zunächst das leitende Gewebe in den Blattrippen, den Blattstielen, den letzten Verzweigungen des Stammes, endlich auch im Hauptstamme wasserärmer.

Befinden sich nun die Wurzeln in einem trockenen Boden, aus dem sie nicht mehr genügende Wassermengen aufzunehmen vermögen, um den Bedarf für die Transspiration zu decken, so wird ein Welken der Pflanzen eintreten, das sich zuerst an den Blättern bemerkbar macht. Bei krautartigen Gewächsen

wird dies früher, bei holzartigen später erfolgen; Sträucher werden früher als hochstämmige ältere Bäume an Wassermangel leiden, denn bei den Bäumen ist das Wasserreservoir, welches sie in ihrem Holzkörper besitzen, ein sehr grosses, das viele Centner Wasser zu fassen und aufzubewahren vermag; bei Sträuchern ist es viel geringer, bei krautartigen Gewächsen auf ein sehr geringes Mass beschränkt. So übernimmt der Holzkörper gleichsam die Vermittlung und eine ausgleichende Rolle zwischen der Wasser-Einnahme durch die Wurzeln und der -Ausgabe durch die Blätter; nimmt die Wurzel mehr auf, als die Blätter zu verdunsten vermögen, wie es zumal im Frühjahr, aber auch in jeder Nacht geschieht, so sammelt sich der Ueberschuss im Holzkörper; wird aber durch die Wurzeln vorübergehend wenig Wasser in den Stamm geleitet, so wird das im Holzkörper angesammelte Wasser für den augenblicklichen Bedarf in Anspruch genommen.

Es kann vorkommen, dass die Wurzeln zwar in einem hinreichend feuchten Boden sich befinden und dennoch ein Welken der Pflanzen eintritt, wobei zwei Ursachen betheiligt sein können: es kann die Transspiration eine ausserordentlich gesteigerte sein, an heissen Tagen des Sommers während der grössten Mittagshitze, oder es kann der Boden, in welchem sich die Wurzeln befinden, soweit abgekühlt sein, dass die Wurzelthätigkeit ganz aufhört oder sehr geschwächt wird. Bei Topfpflanzen wird dann im ersten Falle eine künstliche Verlangsamung der Transspiration durch Bedeckung oder durch Bespritzung helfen, im zweiten Fall wird die Erwärmung des Bodens den welken Zustand bald beseitigen. In der landwirthschaftlichen Praxis bemerkt man oft in heissen Sommern, dass manche Saaten, selbst auf noch hinreichend feuchten Feldern, bei Tag während der heissesten Tageszeit welken, um sich in der Nacht wieder vollständig zu erholen.

Wenn in Folge der anhaltend starken Verdunstung durch die Blätter und in Folge ungenügender Wasserzufuhr durch die Wurzeln der Wassermangel in den Pflanzen einen gewissen Grad erreicht hat, so tritt nicht nur das Welken, sondern auch das Absterben der Blätter und der Stengel ein. Zuerst werden die Blätter abtrocknen, hierauf die jüngsten Zweige, hierauf die älteren Aeste, am längsten widersteht der Stamm.

Ueberhaupt kann der Holzkörper eine höhere Austrocknung erfahren, ohne zu Grunde zu gehen, als wie die Blätter. Ist der Xylemtheil der Gefässbündel aber vollkommen lufttrocken geworden, d. h. sein Wassergehalt auf 12—10% herabgemindert worden, so ist er als abgestorben zu betrachten und hat in diesem Zustande seine Leitungsfähigkeit für Wasser verloren. Wird ein trockener Zweig in's Wasser gesetzt, so erfolgt die Leitung des Wassers nach oben ausserordentlich langsam und nur bis zu einer sehr geringen Höhe; es sind sonach die molecularen Eigenschaften der Zellmembran bezüglich ihrer Wasserleitung wesentlich verändert worden, doch ist es noch nicht näher aufgeklärt, worin eigentlich diese Veränderungen bestehen.

Die Function der Laubblätter als Assimilations-Organe soll in dem nächsten Hauptstücke, welches von der Ernährung der Pflanzen handelt, ausführlicher besprochen werden.

VIERTER ABSCHNITT.

Die Blüthen und Früchte.

Während die bisher besprochenen Pflanzenorgane: die Wurzel, der Stamm und die Blätter, als Vegetations-Organe bezeichnet werden, welche das Wachsthum der Pflanze und ihren Ausbau zu besorgen haben, bezeichnet man im Gegensatz zu denselben die Blüthen, und was aus Blüthen sich entwickelt, als Fortpflanzungs-Organe. Während zum Keimen und zur Entwicklung der Vegetations-Organe schon geringere Temperaturen ausreichen, kommen die Blüthen der Mehrzahl der Pflanzen in der Regel erst dann zur Ausbildung, wenn die Temperatur bereits eine gewisse Höhe erreicht hat. Ist einerseits eine höhere Temperatur zum Eintritt der Blüthenbildung erforderlich, so muss andererseits die Pflanze auch ein gewisses Alter erreicht haben, um überhaupt blühen zu können. Bei einjährigen Pflanzen erscheinen die Blüthen schon wenige Wochen oder wenige Monate nach erfolgter Keimung, bei zweijährigen fällt die Keimungsperiode in den Sommer oder Herbst des ersten und die Blüthezeit in den Sommer des zweiten Jahres; bei holzartigen Gewächsen verstreicht oft ein sehr

langer Zeitraum, bevor die Blüthenbildung beginnt, bei Sträuchern 3—4 Jahre, bei Obstbäumen 4—6 Jahre, bei Waldbäumen oft Jahrzehnte. Von da ab tritt dann die Blüthen- oder Fruchtbildung, je nach der Gunst der Witterungsverhältnisse, jährlich mehr oder weniger reichlich ein; oder das Blühen erfolgt nur einmal, wie bei der *Agave americana*, die in Mexico im 8.—16., in Südeuropa im 10.—20., in Glashäusern erst im 40.—80. Lebensjahre zur Blüthe gelangt.

Die Blüthen- und Fruchtbildung ist stets in einem bestimmten Gegensatze zur Bildung der Vegetations-Organe. Je reichlicher sich die ersteren entwickeln, um so mehr Material wird verbraucht, um so weniger neue Blätter bilden sich, um so mehr wird die Pflanze geschwächt. Umgekehrt, je geringer die Blüthenbildung ist, um so besser können sich die Vegetations-Organe ausbilden, um so mehr Blätter entwickeln sich; ist aber der Vegetations-Apparat ein grösserer, so können sich auch mehr Reservestoffe ansammeln. Es ist möglich, dass zur Blüthen- und Fruchtbildung so grosse Mengen der Reservestoffe aufgebraucht werden, dass sich keine neuen Axen und Blätter mehr auszubilden vermögen und die Pflanze abstirbt, wenn sie reif geworden ist. Dies ist der Fall bei allen einjährigen und zweijährigen Gewächsen. Lässt man aber bei solchen die Blüthenbildung nicht zu Stande kommen, so können auch ein- oder zweijährige Pflanzen ein höheres Alter erreichen, vorausgesetzt, dass sie im Winter nicht erfrieren. Man sieht dies deutlich beim Rothklee, der älter werden kann, wenn er vor der Blüthe geschnitten wird, dann aber eingeht, wenn man ihn zur Samenreife gelangen lässt. Eine längere Dauer bei krautartigen Gewächsen wird deshalb möglich, weil sie Zwiebeln oder in Knollen oder Rhizome umgewandelte Stämme oder kurz bleibende Halme und Zweige besitzen, in welchen sich ein grösserer Vorrath von Reservestoffen ansammeln kann, wodurch eben Neubildungen in Gestalt von Knospen und Wurzeln möglich werden. Auch holzartige Gewächse vermögen dort, wo die niedrigen Temperaturen des Winters eine Unterbrechung der Vegetation zur Folge haben, nur deshalb auszudauern, weil sich in ihrer Rinde und in ihren Markstrahlen in jedem Herbste so reichliche Mengen von Reservestoffen aufspeichern, dass hiedurch im nächsten Früh-

jahr die Bildung neuer Blätter und Knospen gesichert wird. Wenn dies wegen überreichlicher Fruchtbildung in mehreren aufeinander folgenden Jahren nicht möglich sein sollte, so geht der Baum zu Grunde. Auch die *Agave americana* blüht deshalb nur einmal, weil sie bei der Bildung ihres bis 12 Meter hohen Blüthenschaftes und der zahlreichen an diesem befindlichen Blüthen sich völlig erschöpft.

1. Morphologie der Blüthe.

Die Blüthen entwickeln sich immer aus den Vegetationskegeln oder den Scheiteln der Haupt- und Nebenaxen. Und zwar erfolgt ihre Bildung nicht etwa gleich den Laubblättern unter der Spitze, vielmehr wird der ganze Vegetationskegel zur Bildung der Blüthen verbraucht, so dass in Folge der Blüthenbildung das Längenwachsthum des Sprosses sistirt wird, während er dann, wenn er nur Laubblätter trägt, in's Unbegrenzte in die Länge wachsen kann. Seltener bildet sich an einer Pflanze nur eine einzelne Blüthe aus; meist entstehen sie in grösserer Zahl, indem sich eigenthümliche Verzweigungssysteme, Inflorescenzen, entwickeln. Der Habitus dieser Inflorescenzen wird nicht blos durch die Zahl und Grösse der Blüthen, die Länge und Dicke ihrer Zweige oder Stiele, sondern auch durch die Grösse und Färbung der Stützblätter oder Hochblätter bestimmt, aus deren Achseln die Blüthen und ihre Stiele entspringen.

Bei unseren Culturpflanzen kommen als die häufigsten Blüthenstände vor: die Aehre, der Kolben, die Traube, Rispe, Dolde, Trugdolde, der Wickel.

Die Zahl der Inflorescenzen ist um so grösser, je lichter die Stellung der Pflanzen. Bei zusammengesetzten Blüthenständen wiederholt sich dieselbe Inflorescenz, welche der Hauptaxe eigenthümlich ist, bei allen übrigen Nebenaxen.

Die Blüthen und Inflorescenzen der Hauptaxe sind die vollkommensten, die der übrigen bilden eine absteigende Reihe.

An den einzelnen Blüthen unterscheidet man wesentliche und unwesentliche Blüthenblattkreise.

Die unwesentlichen sind Kelch und Blumenkrone oder statt beider das Perigon; es können diese Theile auch ganz fehlen. Sie haben keinen anderen Zweck, als die Blüthe auf-

fälliger zu machen (zum Herbeilocken von Insecten), und vor ihrer Entfaltung die inneren Blüthentheile vor Nässe und Frostwirkung zu schützen.

Zu den wesentlichen Theilen aber gehören die Staubblätter, deren Gesammtheit in einer Blüthe als Androeceum bezeichnet wird, und die Fruchtblätter, das Gynaeceum bildend. An den Staubblättern lässt sich ein dünner, zarter Stiel unterscheiden, welcher Filament genannt wird und oben gewöhnlich zwei Staubbeutel oder Antheren trägt.

Wie die Staubblätter im Uebrigen beschaffen sein mögen, so haben sie die Aufgabe, in ihrem Innern den Blüthenstaub (Pollen) zu produciren, d. h. die männlichen Befruchtungszellen, Staub- oder Pollenzellen.

Die Pollenkörner haben sehr verschiedene Grösse und Färbung und ist diese für manche Familien- und Pflanzengattungen charakteristisch. Die Membran dieser Pollenzellen differenzirt sich in eine Exine und Intine, die Exine wird derber und dicker und erhält locale Verdickungen mancher Art, so dass sie häufig stachlig, körnig u. s. w. erscheint. Die Intine bleibt zart und dünn, doch verdickt sie sich nicht selten an solchen Stellen, wo die Exine verdünnt oder mit Spalten und Löchern ganz durchbrochen ist und diese Cellulose-Verdickungen liefern dann das Material für die Wandungen des Pollenschlauchs. Der Inhalt der Pollenzelle ist dichtes Protoplasma mit Oeltröpfchen und Stärkekörnern. An der Oberfläche mancher Pollenkörner kleben Tropfen eines gefärbten Oeles, welches bewirkt, dass die Pollenkörner den Insecten leichter anhaften.

Die Antheren öffnen sich entweder beiderseits mit einem Längsriss oder durch ein Loch auf dem Scheitel, wieder andere öffnen sich mittelst Klappen, die nach oben zurückgeschlagen werden.

Die Pollenkörner werden beim Aufplatzen der Anthere entweder gewaltsam herausgeschleudert oder sie sind untereinander verklebt und können nicht verstäuben.

Die Fruchtblätter, welche das Gynaeceum darstellen, sind meist in einen Fruchtknoten vereinigt, der sich nach oben zum Griffel verlängert. Derselbe ist hohl oder von einem sehr zarten Gewebe ausgefüllt. Sein oberes Ende verbreitert sich gewöhnlich verschiedenartig und heisst die Narbe. Diese ist

zur Aufnahme und zum Festhalten der Pollenkörner bestimmt und deshalb an ihrer Oberfläche von papillöser Beschaffenheit oder mit zarten Trichombildungen ausgerüstet. Nicht immer sind die Fruchtblätter zu einem gemeinschaftlichen Gynaeceum (Fruchtknoten) verwachsen, es kann auch vorkommen, dass jedes Fruchtblatt gesondert mit seinen Rändern verwächst, wie dies bei den vielfrüchtigen Pflanzen, z. B. den *Ranunculaceen*, den *Rosaceen*, vorkommt.

Wie die Zahl und Form der Staubblätter vielfältig differirt, so ist auch die Anordnung, Zahl, Grösse u. s. w. der Fruchtblätter im Gynaeceum höchst mannigfaltig. Wie es aber auch immer beschaffen sein möge, es fällt ihm die Aufgabe zu, die Samenknospen hervorzubringen, von denen wir schon wissen, dass sie nach erfolgter Befruchtung zu Samen sich umwandeln. Wir haben diese Metamorphose bereits am Eingang des ersten Theiles geschildert und brauchen hier nur der äusseren Factoren zu gedenken, welche der Befruchtung günstig oder ungünstig sich erweisen, sowie auf die anatomischen und morphologischen Einrichtungen aufmerksam zu machen, welche sie begünstigen sollen.

2. Die Befruchtung.

Der Pollen muss, um seine befruchtende Wirkung ausüben zu können, auf die Narbe des weiblichen Geschlechts-Apparates gelangen. In den Zwitterblüthen kann in vielen Fällen der ausstäubende Pollen unmittelbar auf die Narbe derselben Blüthe fallen und die Keimbläschen befruchten. Er ist jedoch in Zwitterblüthen vielfach ohne Wirkung, da er oft nur dann befruchtet, wenn er auf die Narbe einer anderen Blüthe gelangt. Hieraus geht also hervor und Darwin hat hierüber eine grosse Anzahl beweisender Versuche durchgeführt, dass zu nahe Verwandtschaft der Sexualzellen, die Entstehung in derselben Blüthe, nachtheilig für die Erhaltung der Art ist. Es ist übrigens diese Regel keine allgemeine, doch immerhin für eine grosse Zahl von Pflanzen giltige; werden Samen durch Selbstbefruchtung gewonnen, so sind dieselben weniger zahlreich, minder gut ausgebildet und die aus solchen Samen sich entwickelnden Pflanzen sind weniger kräftig.

Weil die Kreuzung zwischen Pflanzen derselben Art entschieden vortheilhaft auf die nachfolgenden Generationen vieler Pflanzenarten einwirkt, sind in vielen Blüthen eigenthümliche Einrichtungen getroffen, welche die Selbstbefruchtung der Zwitterblüthen unmöglich machen. Es können diese Einrichtungen sehr verschiedener Art sein.

Erstens kann die Verhinderung der Selbstbefruchtung in der Art geschehen, dass die Narbe und die Antheren zu sehr verschiedener Zeit vollständig ausgebildet sind, wie dies bei den Dichogamen der Fall ist. Hier ist die Blüthe entweder eine protogynische, d. h. die Narbe ist bereits empfängnissfähig, aber die Antheren derselben Blüthe sind noch geschlossen; bis aber letztere sich öffnen, ist die Narbe bereits abgestorben, konnte also nur von dem Pollen einer älteren Blüthe befruchtet werden; protogynische Blüthen haben z. B. *Plantago media*, *Anthoxanthum*. Oder die Blüthe ist eine protandrische, ihr Pollen stäubt aus, wenn die Narbe noch nicht völlig entwickelt ist, kann daher nur auf der Narbe einer älteren Blüthe zur Wirkung gelangen: *Malva*, *Umbelliferen*, *Compositen*, *Campanulaceen*.

Zweitens kann die gegenseitige Stellung der Geschlechtsorgane eine solche sein, dass trotz gleichzeitiger Ausbildung dennoch keine Selbstbestäubung und Selbstbefruchtung zu Stande kommt. So kann ein Exemplar derselben Pflanzenart Blüthen mit langem Griffel und kurzen Staubblättern, ein anderes Individuum dagegen Blüthen mit tiefstehender Narbe und hochstehenden Antheren besitzen, daher in verschiedenen Individuen macrostyle und microstyle Staubblätter, ferner microstyle und macrostyle Griffel vorkommen. Aber nicht blos verschiedene Individuen derselben Pflanzenart variiren in dieser Weise, es kommt die Heterostylie auch in verschiedenen Blüthen derselben Pflanze vor, wozu noch ausser macrostylen und microstylen Blüthen mesostyle kommen, die meist in kleineren scheinbar verkümmerten Blüthen auftreten; diese letzteren sind der Selbstbefruchtung angepasst.

Offenbar muss bei derart gebauten Blüthen die Intervention der Insecten, wie Käfer, Fliegen, Bienen, Wespen und anderer mehr dazukommen, damit eine Befruchtung ermöglicht werde. Die Insecten aber werden angelockt durch die Farben der Blüthen

und durch den Blüthenstaub, sowie den süssen Saft, der in den Nektarien vieler Blüthen abgesondert wird. Diese Nektarien sind Drüsengebilde, welche zuckerhaltige, meist auch riechende Säfte absondern und deren Lage stets eine solche ist, dass die Insecten, um zu ihnen zu gelangen, mit den Antheren und Narben in Berührung kommen müssen. Diese Nektarien haben eine verschiedene Form und Lage. Bei *Fritillaria* sind es grubige Vertiefungen auf der Innenseite der Perigonblattbasen, bei *Viola* spornartige Verlängerungen der Blumenblätter, ebenso bei *Aquilegia*, bei *Cruciferen* sind es keulige Warzen, bei den *Ericaceen*, den *Labiaten* ringförmige Wucherungen im Grunde der Blumenkronenröhren, oder es werden ganze Staubgefässe oder Blumenblätter zu Nektarien; bei den *Umbelliferen* bilden sie einen schwieligen Höcker am Grunde der Griffel, bei *Nicotiana* einen Schwielenring am Grunde des Fruchtknotens u. s. w.

Um die ausserordentliche Mannigfaltigkeit anzudeuten, welche in den Einrichtungen zur Befruchtung der Blüthen durch die Insecten bestehen, seien hier einige recht augenfällige Beispiele angeführt:

Bei *Aristolochia Clematitis* ist das Blumenrohr innen mit langen abwärts gerichteten Haaren besetzt, die den in die Blüthe kriechenden Insecten (Fliegen) zwar den Eingang gestatten, den Ausgang aber verwehren; erst dann ist ein Entweichen möglich, wenn die Narbe durch den vom Insecte mitgebrachten Pollen einer anderen Blüthe befruchtet ist, indem dann die Haare des Perigons absterben.

Manche Motten besorgen die Befruchtung regelrecht, d. h. sie transportiren Pollen zur Narbe und stopfen ihn in die Griffelhöhle wie dies z. B. bei *Yucca* der Fall ist, und geschieht dies seitens des Insectes, um Samen zu erzeugen, damit seine Larven davon leben.

Aber nicht blos Insecten betheiligen sich an der Befruchtung (Insectenbefruchtung); an Pflanzen die in Sümpfen oder an nassen Standorten wachsen, soll es auch eine Schneckenbefruchtung geben; auch eine Thaubefruchtung ist erwähnt worden; dass Kolibris sich gleichfalls bei der Befruchtung betheiligen, ist ebenfalls bekannt.

Bei monöcischen und diöcischen Pflanzen ist natürlich eine Selbstbefruchtung ganz ausgeschlossen; bei diesen werden

gleichfalls entweder Insecten die Befruchtung besorgen oder wird dieselbe durch den Wind herbeigeführt. Bei den Windblüthen fehlen die äusseren Blüthenhüllen ganz oder fast ganz und sie entfalten sich auch gewöhnlich vor Belaubung der Bäume, wodurch die Verbreitung des Pollens wesentlich erleichtert wird, z. B. bei *Populus*, *Fraxinus*, den *Cupuliferen*. Bei solchen Windblüthen kommt es selbst vor, dass der Blüthenstaub besondere Einrichtungen hat, um sich besser in der Luft schwebend erhalten zu können, z. B. bei den *Coniferen*. So hebt sich bei Pinus die Exine an zwei Seiten in Form grosser blasiger, als Flugapparate dienender Säcke von der Intine ab.

Auch dann noch, wenn der Pollen auf die Narbe gelangt ist, müssen günstige Umstände zusammenwirken, wenn die Befruchtung recht vollständig erfolgen soll. Namentlich muss sich geltend machen:

1. Eine entsprechende Temperatur;
2. eine entsprechende Feuchte;
3. Windstille oder mässig bewegte Luft.

1. Sowie zum Keimen eine gewisse Temperatur erforderlich ist, so bedürfen auch die Pollenkörner zum Auswachsen einer gewissen, und zwar immer höheren Wärme. Die untere Temperaturgrenze, bei welcher die Pollenkörner ihre Schläuche schon zu bilden vermögen, ist ohne Zweifel bedeutend höher gelegen als die untere Temperaturgrenze für die Keimung, doch ist Näheres hierüber gar nicht bekannt. Man kennt eben noch keine Methode, bei welcher es sicher gelingen würde, die Pollenkörner zur Entwicklung ihrer Keimschläuche zu bringen, so wie man Samen zum Keimen bringt. Ohne Zweifel bleiben die Blüthen der Getreide-Arten in manchen Jahren auch deshalb unbefruchtet, weil zur Zeit der Verstäubung des Pollens kalte Witterung andauert, wobei wohl kein Erfrieren der Pflanzen eintritt, wohl aber die Keimung des Pollenschlauches unterbleibt.

2. Die Bildung der Pollenschläuche erfolgt weder bei zu nasser, noch bei zu trockener Witterung. Regnet es heftig und andauernd, so werden nicht nur die Pollenkörner aus den Blüthen herausgeschwemmt, ebenso von den Narben abgespült, sondern es kommt dann auch vor, dass viele Staubzellen in Folge einer zu reichlichen Wasseraufnahme platzen. Theilweise geschützt werden die Staubzellen vor dieser Gefahr, indem sich

die äusseren Blüthenhüllen bei regnerischer Witterung zusammenschliessen.

3. Bei allen Blüthen, deren Pollen durch die Luft transportirt werden muss, um auf die betreffende Narbe zu gelangen, wird eine mässige Bewegung derselben nur erwünscht sein. Heftige Stürme werden unter allen Umständen nur schädlich wirken; einmal deshalb, weil solche die Staubzellen nicht absitzen lassen, dann auch deshalb, weil sie die Narben abtrocknen und dadurch ein Anhaften der Pollenkörner und ihre Schlauchbildung verhindern. Es wird sich dieser Nachtheil bei allen Blüthen, sowohl den Zwitter- wie den eingeschlechtigen Blüthen bemerkbar machen, weshalb heftige Winde, seien es warme trocknende oder kalte, zur Zeit der Blüthe der wichtigsten Culturpflanzen immer gefürchtet sind.

Die auf die Narbe gelangenden Pollenkörner treiben auf dieser ihre Pollenschläuche in der Weise, dass die Intine an den durch die Oeffnungen oder dünneren Stellen der Exine vorgezeichneten Orten als Papille hervortritt, welche sich zum cylindrischen Schlauch verlängert. Da zur Befruchtung jeder Samenknospe des Fruchtknotens ein Pollenschlauch gehört, so müssen bei zahlreichen Samenknospen auch zahlreiche Pollenzellen auf der Narbe ihre Schläuche entwickeln. Diese wachsen zwischen den Narbenpapillen hin, welche um diese Zeit von einer eigenthümlichen Ausscheidung bedeckt sind. Dieses klebrige, zuckerhaltige Secret dient einmal zur Festhaltung der Pollenzellen und Schläuche, dann wahrscheinlich auch zur Ernährung derselben. So gelangen die Pollenschläuche bis an die Mündung des Griffelcanals und bilden dann glänzende Bündel, indem sie dicht aneinander gedrängt in die Ovariumhöhle hinunterwachsen. Hier gelangen sie bis an den Keimmund (Mikropyle) der Samenknospen, durch den sie sich bis an den Scheitel des Knospenkernes hin durchdrängen, um mit dem Embryosacke und den an diesen anliegenden Eizellen in innige Berührung zu treten. Wir haben schon bemerkt, dass hiebei eine Diffusion des Zellinhaltes eingeleitet wird und dass eine der Eizellen des Embryosackes durch die aus dem Ende des eingedrungenen Pollenschlauches aufgenommenen Stoffe zur weiteren Entwicklung befähigt wird und sich zum Embryo umwandelt.

Die Zeit, welche der Pollenschlauch zum Durchwachsen des Griffels bis zum Eintritt in die Micropyle der Samenknospe braucht, ist eine sehr verschiedene und steht durchaus nicht immer mit der Länge des Griffels in geradem Verhältniss. Es kann dieser Weg in einem Tag, in mehreren Tagen zurückgelegt sein, bei den Orchideen dauert es oft mehrere Monate. Nach erfolgter Befruchtung tritt das weitere Wachsthum der Eizelle entweder gleich ein oder dauert es Wochen, Monate, selbst ein Jahr lang, bevor die Eizelle weitere Umwandlungen erfährt.

Indem die Befruchtung der Samenknospen erfolgt, finden gleichzeitig Aenderungen an den äusseren Blüthentheilen statt, welche darin bestehen:

1. Dass ein rasches Abwelken der äusseren Blüthenblattkreise eintritt. Kommt die Befruchtung nicht zu Stande, so erhalten sich diese viel länger im frischen Zustande. Dies ist auch die Ursache, warum gefüllte Blüthen in der Regel länger frisch bleiben als einfache.

2. Es erfolgt ein rascher Zufluss von Nährstoffen aus dem Stengel und den Blättern zur Ausbildung der Früchte und Samen.

3. Es bereiten sich am Stiele der Frucht oder im Gewebe des Pericarps anatomische Veränderungen vor, welche die Lösung der reifen Frucht oder der Samen von der Mutterpflanze ermöglichen.

3. Morphologie der Frucht.

Indem sich nun der Fruchtknoten vergrössert und die Samenknospen in ihrem Inneren sich zu vollkommenen Samen ausbilden, entsteht die Frucht. Da die Beschaffenheit des Pericarps viel grössere Verschiedenheiten zeigt, als die Samenschale, so ist auf Grund dieser Verschiedenheiten eine Classification der Fruchtarten nicht nur möglich, sondern zu den Zwecken der Systematik auch geboten.

Anschliessend an das schon in der Einleitung zum ersten Theile über die Frucht Gesagte möge hier eine übersichtliche Zusammenstellung der häufigeren Fruchtformen folgen.

A. Trockene Früchte. Pericarp holzig oder lederartig zähe.	*B.* Saftige Früchte. Pericarp ganz oder theilweise saftig.
I. Schliessfrüchte. Pericarp nicht aufspringend.	
1. Die Nuss, einsamig, Pericarp dick und hart (Haselnuss).	1. Steinfrucht, meist einsamig; das Pericarp sondert sich in ein dünnes Epicarp, ein saftiges Mesocarp und ein hartes Endocarp (Pflaume, Kirsche, Pfirsich).
2. Caryopse oder Achaene, einsamig, Pericarp dünn, mit der Samenschale häufig verwachsen (Gramineen, Compositen).	2. Beere, meist mehrsamig, Epicarp zähe, das übrige Gewebe des Pericarps saftig (Cucurbitaceen, Solaneen etc.).
3. Zusammengesetzte Achaene, in zwei oder mehrere einsamige Theilfrüchte zerfallend (Umbelliferen, Geraniaceen).	
II. Springfrüchte. Pericarp aufspringend.	
4. Balgfrucht, besteht aus einem Carpell und springt nur längs der verwachsenen Ränder desselben, an der Sutur, auf (viele Ranunculaceen).	
5. Hülse, aus einem Carpell bestehend, längs der Sutur und längs der Rückenlinie aufspringend (Leguminosen).	3. Saftige Kapsel, mit klappig sich öffnendem Pericarp (Balsamina, Aesculus).
6. Schote, aus zwei Carpellen bestehend, zweifächerig mit einer Längswand (Cruciferen).	
7. Kapsel, Pericarp aus mehreren Carpellen bestehend und in zwei oder mehrere Klappen zerfallend (Violaceen, Alsineen etc.) oder mit abfallendem Deckel (Plantago, Hyoscyamus) oder mit zahlreichen kleinen Oeffnungen (Papaver).	

4. Die Frucht- und Samenreife.

Es ist an dieser Stelle eine nicht unwichtige physiologische Frage in Erörterung zu ziehen, die Frage: wann ist die Frucht oder der Same im botanischen Sinne als reif zu betrachten?

Man könnte versucht sein, die Reife des Samens mit dem Eintritte seiner Eignung zu der biologischen Hauptaufgabe, welche er zu erfüllen hat, in Verbindung zu bringen. Und weil diese Eignung gegeben ist, sobald sich der Same als

keimfähig erweist, so könnte man die Reife des Samens als den Eintritt seiner Keimfähigkeit bezeichnen. Schon im ersten Abschnitte haben wir jedoch gesehen, dass auch noch ganz grüne, unreife Samenkörner zu keimen vermögen; es ist andererseits hinzuzufügen, dass viele „reife" Samen, z. B. die mancher Lerchenspornarten *(Corydalis)*, des Winterlings *(Eranthis hiemalis)* etc., noch ganz unentwickelte Embryonen besitzen, welche sich in den den Keimungsbedingungen ausgesetzten Samenkörnern erst langsam entwickeln, bevor schliesslich die „Keimung", d. h. die Sprengung der Samenhülle und das Austreten der Keimtheile stattfindet. Bei der gymnospermen *Gingko triloba*, einem in Japan einheimischen Baume, erfolgt sogar die Befruchtung der Keimbläschen erst in der bereits abgefallenen, beerenähnlichen Frucht. Man sieht also, dass es einerseits nicht reife, doch keimfähige, und andererseits reife, doch nicht keimfähige Samen gibt, dass demnach der Eintritt der Keimfähigkeit für die Reife des Samens nicht massgebend sein kann.

Die botanische Frucht- oder Samenreife ist vielmehr dann eingetreten, wenn nach beendeter Einwanderung der Reservestoffe und gewöhnlich auch nach einem beträchtlichen Wasserverluste seitens der Frucht oder des Samens der organische Verband dieser letzteren mit der Mutterpflanze gelöst wird und die Früchte abfallen oder die Samen ausgestreut werden. Die Beerenfrüchte bilden hiebei allerdings eine Ausnahme. Doch wird bei ihnen das Ausbleiben von Trennungsschichten etc. ersetzt durch die Ausbildung einer saftigen Pulpa, eines lebhaft gefärbten Epicarps; hiedurch werden beerenfressende Vögel angelockt, welche die Lostrennung der Frucht von der Mutterpflanze besorgen. Man kann also auch hier von Einrichtungen sprechen, welche indirect wenigstens die Trennung bezwecken.

Von einigen Autoren sind verschiedene Entwicklungs-Stadien des Embryo im Samenkorne als ebensoviele Reifestadien bezeichnet worden. So unterscheidet Nobbe eine Schnittreife, charakterisirt durch die Lösung des organischen Verbandes der Samen mit der Pflanze, eine Keimungsreife gekennzeichnet durch das Eintreten der Keimung des unter die hiezu nothwendigen Bedingungen gebrachten Samens, und drittens eine Todtreife, mit dem allmäligen Erlöschen der Keimkraft eintretend.

Es ist gegen diese Erweiterungen des ursprünglichen Begriffes der Reife nichts einzuwenden, so lange nur ausdrücklich betont wird, dass es eben Erweiterungen sind und dass die „Reife" schlechthin mit der „Schnittreife" begrifflich zusammenfällt. Zu willkürlich aber wird mit dem Begriffe der Reife umgesprungen, wenn z. B. das Entwicklungs-Stadium der noch grünen milchigen Getreidekörner als „Milchreife a", ein etwas späteres Stadium als „Milchreife b" bezeichnet wird (Nowacki). Eine solche Nomenclatur nennt das Unreife schon reif und hebt diese von der Sprache wie von der Wissenschaft aufgestellten Gegensätze vollständig auf.

5. Die Verbreitungsmittel der Früchte und Samen.

Am Schlusse dieser Auseinandersetzungen über die Früchte und Samen soll hier noch jener Factoren gedacht werden, welche es möglich machen, dass sich die reifen Früchte oder Samen, welche von der Mutterpflanze abfallen, zu verbreiten vermögen.

Die motorische Kraft, durch welche diese Ortsänderung vermittelt wird, ist hiebei entweder in der Frucht selbst zu suchen, oder sie wird durch äussere Agentien der verschiedensten Art repräsentirt.

Als Früchte, bei welchen die schon vorhandene Spannkraft durch einen äusseren Anstoss blos ausgelöst und in Bewegung umgesetzt wird, sind die Schleuderfrüchte zu betrachten, welche bei der Berührung oder beim Austrocknen mit einer gewissen Vehemenz aufspringen und dadurch die Samen oft weit von der Mutterpflanze wegschleudern. Bei *Hura crepitans* werden sie oft 20 Schritte weit weggeworfen.

Weitaus mannigfaltiger aber sind jene Einrichtungen, durch welche die Samen und Früchte einem äusseren, die Bewegung vermittelnden Agens angepasst sind. Es kommt hier die ausgiebige Verbreitung der Samen durch die Thiere, durch die Winde und das Wasser in Betracht.

Die Thierwelt, namentlich die höheren Wirbelthiere, kann auf zweierlei Weise den Transport der Samen vermitteln. Die mit klebrigen, stacheligen, borstigen und hackigen Ausrüstungen versehenen Samen und Früchte haften an dem Fell der Säugethiere, an dem Gefieder der Vögel und werden so oft weit von dem Standorte der Mutterpflanze hinweggetragen.

Ein interessantes Beispiel einer solchen Verbreitung bietet *Xanthium spinosum*, dessen Früchte durch Viehtransporte aus Südost-Europa nach Ungarn, Oesterreich, Deutschland verschleppt wurden. Ueberhaupt werden selbst mit der blossen Wolle der Schafe zahlreiche Unkrautpflanzen in ihren Samen verschleppt, die sich dauernd oder vorübergehend in der Nähe der Wollwäschen und Wollfabriken ansiedeln.

Während bei den Säugern hauptsächlich das äusserliche Anhaften der Samen in Betracht kommt, beruht die Verbreitung derselben durch die gefiederte Welt vornehmlich auf den Nahrungsbedürfnissen derselben. Das saftige, wohlschmeckende Fruchtfleisch vieler Steinfrüchte und Beeren lockt verschiedene Vögel an; die Pulpa wird verdaut, die Samen passiren meist unverletzt den Darmcanal. Um auffälliger zu erscheinen und von den Vögeln leichter aufgefunden zu werden, sind diese Früchte zur Zeit der Reife meist mit lebhafteren Farben geschmückt. Es ist eine solche Verbreitungsweise für viele Samen um so vortheilhafter, als sie leichter keimen, wenn sie den Verdauungscanal passirt haben.

Aber auch andere Thiere, welche von saftigen Früchten sich nähren, tragen zur Verbreitung ihrer Samen bei. Von vielen grossen, wohlschmeckenden Früchten der Tropen wird das saftige Fruchtfleisch von Affen gegessen, die Samen dagegen weggeworfen. Auch Käfer und Ameisen besorgen den Samentransport namentlich solcher Früchte, welche abfallen und ein wohlschmeckendes Fleisch besitzen.

Eine grosse Rolle spielt der Wind und überhaupt die bewegte Luft bei der Verbreitung der Samen. Am günstigsten sind in dieser Beziehung die einzelligen Sporen der Kryptogamen daran, ferner die ungemein kleinen und leichten Samen der Orchideen und vieler phanerogamer Schmarotzer. Grössere Samen und Früchte bedürfen eigener Flugapparate, um von den Winden verweht werden zu können. Hieher gehören zunächst die Haarschöpfe, Federkronen und überhaupt haarige Anhängsel der verschiedensten Art (Pappus der *Compositen*). Auch die Baumwolle, welche die Samen von *Gossypium* dicht umkleidet, ist biologisch als ein dem Winde angepasstes Verbreitungsmittel aufzufassen. Fast ebenso häufig als Haargebilde treten flügelartige Anhängsel an den Samen und

Früchten auf, wodurch diese gleichfalls den Angriffen des Windes eine grössere Oberfläche darbieten. (Früchte und Samen der Ahorne, Ulmen, Erlen, Birken, Nadelhölzer u. dgl.)

Das Wasser verbreitet die Samen um so leichter, wenn sie schwimmen und durch längere Zeit der Durchweichung widerstehen, dabei auch bei längerem Aufenthalt im Wasser nicht ausgelaugt werden. Von Bedeutung ist der Wassertransport geworden für die Besamung der Küsten und Inseln, zerstreut im Ocean; auch aus den höher gelegenen Gebieten wandern zahlreiche Samen mit dem Quellen-, Bach- und Tagewasser in niedere Regionen.

Den eigenartigsten Einfluss auf die Verbreitung der Samen und Früchte hat unstreitbar der Mensch genommen, indem er theils Culturpflanzen, theils Unkrautsamen in verschiedene Weltgegenden absichtlich und unabsichtlich einführte; doch wird hierüber an einem anderen Orte zu berichten sein und genügt hier die Bemerkung, dass an den Cultursämereien keinerlei Einrichtungen zu bemerken sind, welche ihrer Verbreitung günstig wären. Meist haben sich sogar solche Eigenschaften ausgebildet, welche für die Verbreitung nachtheilig sind.

ZWEITES HAUPTSTÜCK.

Die Ernährung und das Wachsthum der Pflanze.

ERSTER ABSCHNITT.

Die Nährstoffe.

Für das Wachsthum der Pflanzen ist vor allen Dingen die Zufuhr von Nährstoffen nothwendig, welche als Baustoffe dienen, damit die Pflanze ihre sämmtlichen Organe entsprechend ausbilde. Diese Nährstoffe müssen aber auch der Pflanze in einer geeigneten Form dargeboten werden, in einer Form, in welcher sie aufnehmbar sind und in der Pflanze verbreitet werden können. Entweder befinden sich nun diese Nährstoffe in Gasform oder in flüssiger Form; feste Körper sind nur aufnahmsfähig, insofern sie löslich sind.

Es hat lange gedauert, bis festgestellt werden konnte, welche Nährstoffe die Pflanze unbedingt zu ihrer Ausbildung benöthigt. Offenbar musste die Lösung dieser Aufgabe durch die chemische Analyse vorbereitet werden, welche die Zahl der im Pflanzenkörper vorkommenden Elemente und deren Verbindungen, sowie das procentische Gewichtsverhältniss derselben ermittelt. Dabei erfährt man indessen nur, welche Elemente überhaupt aufgenommen werden, jedoch nicht, welche dieser Stoffe unbedingt nothwendig und welche entbehrlich sind. Dies konnte erst durch Vegetationsversuche in künstlichen Böden (oder Nährstofflösungen) ermittelt werden, wobei man die Pflanze zwingt, in einem Boden zu wachsen, dessen chemische Zusammensetzung genau bekannt ist und dem man beliebig diese oder jene chemische Verbindung zusetzen oder entziehen kann.

Die chemischen Analysen, welche mit vielen Pflanzen vorgenommen wurden, ergaben, dass zunächst das Wasser einen Hauptbestandtheil der gesammten Pflanzenmasse ausmacht. Seine Menge ist freilich für die einzelnen Theile der Pflanze je nach der Beschaffenheit der Gewebe der letzteren verschieden, indessen beträgt auch im Mittel der Wassergehalt der kraut- und holzartigen Gewächse immerhin 40, 80 bis 85%, bei besonders saftigen, krautartigen Pflanzen selbst über 90%. Wird das Wasser aus dem Pflanzenkörper durch dauernde Erwärmung auf 100 bis 110° C. vertrieben, so erübrigt die Trockensubstanz, welche organische und anorganische Bestandtheile enthält. Die organische Substanz der Pflanze besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, ausserdem noch aus Schwefel. Beim Verbrennen verflüchtigen sich diese Elemente der organischen Substanzen in Form von Wasser, Kohlensäure und Ammoniak, mit Ausnahme des Schwefels der in der Asche als schwefelsaures Salz auftritt; es bleiben die unverbrennlichen Aschenbestandtheile oder die sogenannten Mineralbestandtheile zurück, unter welchen als die wichtigsten nie fehlenden Elemente: Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen und Phosphor enthalten sind.

Aus nachstehenden Angaben mögen die grossen Schwankungen im Gewichtsverhältnisse zwischen den organischen und anorganischen Bestandtheilen der Pflanzen ersehen werden:

Der Aschengehalt der Trockensubstanz variirt

bei	Wiesengräsern	zwischen 5—15%
„	Klee- und Futterkräutern . .	„ 4—12%
„	Wurzeln und Wurzelfrüchten .	„ 3—10%
„	Blättern von „ .	„ 5—18%
„	Stroh von Getreidearten . .	„ 4— 9%
„	Spreu „ „ . .	„ 9—16%
„	Gespinnst- und Handelspflanzen	„ 2—26%
„	Samen	„ 1—10%
„	Holzarten	„ 0·2— 4%
„	Rinden	„ 1— 8%

Ueber die Wasseraufnahme ist schon Ausführliches mitgetheilt worden. Nebst den Bestandtheilen des Wassers braucht die Pflanze zur Bildung ihrer organischen Substanz noch Kohlensäure, als einer Quelle für ihren Kohlenstoffbedarf; der Stickstoff wird den Pflanzen geliefert in Form von Ammoniak- und salpetersauren Salzen. Der Schwefel, der gleichfalls einen integrirenden Bestandtheil der organischen Substanz bildet, gelangt endlich wohl meist als schwefelsaurer Kalk in die Pflanze.

ZWEITER ABSCHNITT.

Die Assimilation der Kohlensäure und des Wassers und ihre Producte.

Die Bildungsstätte, in welcher im Pflanzenkörper die erste organische Substanz producirt wird, ist der Chlorophyll-Apparat der Blätter. Es kommen wohl auch in den Rindenschichten des Stengels chlorophyllhaltige Zellen vor; dieselben sind aber ihrer Zahl und Ausdehnung nach nur von untergeordneter Bedeutung, daher sie auch nur einen geringen Bruchtheil jener organischen Substanz zu erzeugen vermögen, welche die Pflanze benöthigt.

Die Zellen, welche in den Blättern Chlorophyllkörner enthalten, gehören dem Blattparenchym oder Mesophyll an. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ist der Chlorophyllfarbstoff in kleinen Körnchen enthalten, welche meist eine Linsenform besitzen und in verschiedener Zahl und Stellung in den Chlorophyll führenden Zellen auftreten. Wir wissen, dass diese Chlorophyllkörner in der Regel aus dem Protoplasma hervorgehen. Dasselbe erleidet eine Differenzirung der Form und eine Aende-

rung seiner Bestandtheile, welche sich am deutlichsten durch das Auftreten des grünen Farbstoffs charakterisirt, der den Chlorophyllkörnern durch Weingeist, Aether, Benzol u. s. w. entzogen werden kann. Diese Chlorophyllkörner entstehen als solche nicht plötzlich aus dem Protoplasma, vielmehr kann eine vorhergehende Bildung von farblosen rundlichen Körnern in demselben wahrgenommen werden, welche rasch eine gelbe Färbung annehmen und als Etiolinkörner bezeichnet werden. Es ist nach Wiesner's Untersuchungen unzweifelhaft, dass die Etiolinbildung der Chlorophyllbildung vorausgeht, und dass sich die gelbgefärbten Etiolin- oder Xanthophyllkörner erst nachträglich grün färben und zu Chlorophyllkörnern umwandeln. Wenn wir später auch sehen werden, dass die Chlorophyllkörner nur unter Mitwirkung einer starken Lichtquelle, des Sonnenlichtes, organische Substanz zu produciren vermögen, so darf man doch nicht glauben, als ob auch das Ergrünen der Pflanzen d. h. die Entstehung des Chlorophylls an die Einwirkung einer starken Lichtquelle gebunden wäre; vielmehr genügt zum Ergrünen schon eine schwache Kerzen- oder Gasflamme; die Etiolinbildung kann aber selbst im völligen Dunkel vor sich gehen. Eine Chlorophyllbildung in völliger Dunkelheit ist nur ausnahmsweise, bei den Keimlingen der Coniferen, beobachtet worden.

Man hat echte und unechte Chlorophyllkörner unterschieden. Die ersteren entstehen fast immer aus dem Protoplasma, das sich erst zu Etiolin-, dann zu Chlorophyllkörnern differenzirt; die unechten entstehen aus Stärkekörnern, die sich mit einer ergrünenden Protoplasmaschichte umhüllen. Auf diese Weise erfolgt das Ergrünen der Kartoffeln in um so höherem Grade und bis zu desto grösseren Tiefen, je intensiver die Beleuchtung ist, der die Knollen ausgesetzt werden.

Bei keimenden Fisolen umhüllen sich die Stärkekörner in den Cotyledonen anfänglich mit einem gelben, dann mit einem ergrünenden Protoplasma-Ueberzuge; es steht nichts im Wege, anzunehmen, dass solche falsche Chlorophyllkörner sich genau so wie echte Chlorophyllkörner verhalten, wenn die Stärke-Einschlüsse aufgelöst und ausgewandert sind (was thatsächlich beobachtet wurde) und ein derart entstandenes Chlorophyllkorn sich morphologisch gar nicht von einem echten unterscheidet.

Wir erwähnen nur nebenbei, dass das Chlorophyll nicht immer in kugeligen Plasmakörnern auftritt; es kann vorkommen, dass es in Plasmabändern abgelagert ist, dass das Protoplasma in der ganzen Zelle gleichförmig ergrünt. Bei den Culturpflanzen aber besteht der Chlorphyll-Apparat immer aus Chlorophyllkörnern.

Nur Pflanzen, die Chlorophyll besitzen, können organische Substanz produciren, während alle übrigen, welche nicht grün gefärbt sind, auf fertige organische Substanzen bei ihrer Ernährung angewiesen sind. Das ist der Fall bei allen Pilzen, grossentheils auch bei Parasiten, welche den Phanerogamen angehören. Entweder besitzen diese gar kein Chlorophyll, dann sind sie ausschliesslich in ihrer Ernährung an den Wirth gewiesen; oder sie besitzen eigenes Chlorophyll, doch in geringer Menge und von anderen Farbstoffen ganz verdeckt; oder der eigene Chlorophyll-Apparat ist selbst mächtiger entwickelt, und ist es in solchem Falle möglich, dass die betreffenden Pflanzen unter günstigen Verhältnissen oder später unter dem Einflusse fortgesetzter Anpassung sich ganz auf eigene Füsse stellen.

Die Bildung der organischen Substanz in den Chlorophyllkörnern erfolgt in der Art, dass sich in denselben aus Kohlensäure und Wasser durch einen Reductionsprocess Stärke bildet. Nur in seltenen Fällen dürfte als erstes Assimilationsproduct statt Stärke Zucker auftreten (Glycose in den Blättern von Allium, Mannit in den Blättern des Oelbaumes). Die Stärke erscheint in der Form kleiner, in den Chlorophyllkörnern eingebetteter Körner, von deren Anwesenheit man sich sowohl mikroskopisch als makroskopisch überzeugen kann. Jodzusatz allein genügt nicht. Man muss vielmehr die Blätter in Alkohol legen und einige Tage der Lichtwirkung aussetzen, bis sie ganz entfärbt sind. Hierauf bringt man die Schnitte oder die Blätter in eine Kalilösung, wobei sie, ohne zu kochen, wiederholt erwärmt werden; lässt sie hierauf einige Minuten in Essigsäure liegen und wäscht sie wieder aus, worauf der Jodzusatz im entfärbten Chlorophyllkorn die Stärke sehr deutlich sichtbar macht. Werden ganze Blätter so behandelt, so kann man sich schon an der violetten bis violettschwarzen Verfärbung derselben von der Anwesenheit reichlicher Stärke in den Chlorophyllkörnern überzeugen.

Die chlorophyllführende Zelle, welche Stärke erzeugt, muss nicht nur Kohlensäure und Wasser zugeführt erhalten, sie muss auch beleuchtet sein, um Stärke als erstes sichtbares Assimilationsproduct bilden zu können. Das Licht ist eben bei der Production der organischen Substanz unentbehrlich, es ist die Kraftquelle, welche die bedeutende chemische Leistung im Chlorophyll-Apparat zu Stande bringt. Man kann diese Leistung des Lichtes annähernd messen nach dem Verbrennungswerthe der im Lichte gebildeten Pflanzen-Substanz. Dieselbe Leistung, welche möglich wird, wenn wir die gesammte Holzproduction eines Baumes verbrennen, musste in den Blättern dieses Baumes einst durch das Licht zu Stande gebracht worden sein. Bei der Verbrennung des Holzes erfolgt die Leistung dadurch, dass sich der Sauerstoff wieder mit dem Kohlenstoff zu Kohlensäure verbindet; die Arbeit des Lichtes bestand aber darin, den Kohlenstoff der Kohlensäure zu nehmen, die Affinität des Kohlen- und Sauerstoffes zu überwinden und in der organischen Verbindung „Stärke" als Spannkraft aufzuspeichern.

Wenn man früher vom rein chemischen Gesichtspunkte aus die Beziehungen zwischen Pflanzen- und Thierwelt hauptsächlich auf den Reductions- und Oxydationsprocess, die Ausscheidung von Sauerstoff durch die Pflanzen, die Ausathmung von Kohlensäure durch die Thiere bezog, wodurch offenbar ein sehr glücklicher Ausgleich der beiderseitigen Bedürfnisse erfolgt, so wird jetzt, nachdem man die Art und Weise der Entstehung der organischen Substanz kennt, diese Beziehung wesentlich erweitert und ergänzt. Man weiss jetzt auch, dass alle mechanische Arbeit, welche von thierischen Organismen ausgeht, also die Bewegung dieser Organismen selbst und die mechanischen Veränderungen, welche sie an den Aussendingen vollziehen; dass ferner alle mechanische Arbeit, welche von unseren Maschinen, seien es Dampfmaschinen, calorische Maschinen oder solche, die von Nutzthieren in Bewegung gesetzt werden; dass alle Wärme, welche den Thieren ihre Eigen-Temperatur verleiht; alle Wärme, welche durch Verbrennung der organischen Substanz entsteht; alle Wärme endlich, welche bei der Reibung der angeführten Bewegungs-Erscheinungen entbunden wird: ihren Weg durch die chlorophyllhaltige Zelle gegangen ist und mittelbar oder unmittelbar der chemischen

Arbeit entstammen muss, welche die Sonnenstrahlen in dem unscheinbaren Chlorophyll-Apparat verrichtet haben.

Uebrigens ist die Licht-Intensität, welche bei verschiedenen Pflanzen zur Bildung der organischen Substanz, also zum Wachsthum erforderlich ist, sehr ungleich. Es ist dies schon damit angedeutet, wenn wir von Licht- und Schattenpflanzen sprechen. Unsere Culturpflanzen sind zumeist Lichtpflanzen, bedürfen in der Regel der vollen Besonnung, und je länger diese dauert, um so grösser ist der Effect. Die niederen Pflanzen des Waldes sind immer Schattenpflanzen, sie bedürfen nur diffuses Licht, um gedeihen zu können. Unter den Holzgewächsen finden wir auch viele, welche keiner vollständigen Insolation bedürfen; namentlich gilt dies von Sträuchern; von Bäumen besonders in ihrem Jugendalter, in welchem Stadium sie ganz wohl eine theilweise Beschirmung oder Beschattung vertragen, was insbesondere von der Buche, der Tanne gilt. Aehnliche Verhältnisse wiederholen sich wohl auch bei manchen landwirthschaftlichen Culturgewächsen, die, mit einer Schutzfrucht angebaut, unter dem Schatten derselben ihre erste Entwicklung durchmachen; dies gilt insbesonders vom Klee und der Luzerne, von Möhren und Anderen.

Wie bei directer Besonnung und diffusem Tageslicht, so ist auch in den verschieden brechbaren Strahlen des Spectrums die Assimilation eine ungleich starke. Im hellsten Gelb des Spectrums ist die Assimilation am energischsten; von hier aus nimmt sie beiderseits in den anderen Strahlen ab, so dass die ultrarothen, dunklen Wärmestrahlen und die sogenannten chemischen (ultravioletten) Strahlen keine Zersetzung der Kohlensäure mehr bewirken. Wird die Intensitätswirkung des hellsten Gelb = 100 gesetzt, so ist, nach Pfeffer, die des Roth 25·4, des Orange 63·0, des Gelb 100·0, des Grün 37·2, des Blau 22·1, des Indigo 13·5, des Violett 7·1. Besser übrigens als in den einfachen farbigen Lichtstrahlen erfolgt die Zersetzung der Kohlensäure im gemischten, d. h. weissen Lichte.

Zu bemerken ist ferner, dass bei dieser Thätigkeit des Chlorophyll-Apparates auch eine gewisse Wärme mitwirken muss, wobei die unteren und oberen Temperaturgrenzen, Minima und Maxima, bei verschiedenen Pflanzen ungleich weit auseinander liegen. Diese Grenzen dürften dieselben sein, wie

solche für die Keimung angegeben worden sind. Für niedriger organisirte Pflanzen, z. B. für Moose, liegt das Minimum wohl noch tiefer, vielleicht bei 0^0. Doch sind genaue Bestimmungen hier schwer auszuführen, weil ja die Lichtstrahlen, welche von den Pflanzen absorbirt werden, deren Temperatur oft bedeutend über die Temperatur der Luft erhöhen.

Wenn in den grünen Blättern Stärke unter dem Einflusse des Lichtes aus Kohlensäure und Wasser gebildet wird, so nennt man solche in den Chlorophyllkörnern nachweisbare Stärke autochthon, d. i. ursprünglich entstanden, im Gegensatze zur eingewanderten, welche aus jenen Pflanzentheilen in die Blätter einwandert, wo sie als Reservestoff abgelagert wird. Wenn z. B. in die Primordialblätter einer Keimpflanze aus den Keimblättern oder dem Endosperm Stärke einwandert, damit das Primordialblatt überhaupt wachsen kann, so ist diese keine autochthon entstandene, sondern secundären Ursprunges. Es war bislang zweifelhaft, ob solche eingewanderte Stärke allsogleich zum Verbrauche gelangt oder gleichfalls wie die autochthone Stärke in den Chlorophyllkörnern eingeschlossen werden kann. Böhm's Untersuchungen scheinen über diese letztere Möglichkeit keinen Zweifel zu lassen; er fand, dass die Einwanderung secundärer Stärke sowohl unter dem Einflusse des Lichtes, wie in der Dunkelheit erfolgen kann.

Wenn eine Pflanze dem Lichte entzogen wird, so verschwindet in den Blättern sowohl die autochthone, wie die eingewanderte Stärke, und wenn man sie längere Zeit im tiefen Schatten oder in völliger Dunkelheit belässt, so wird die ganze Pflanze entstärkt, gleichsam ausgehungert. Unter solchen Umständen werden die mit Hilfe der Reservestoffe neugebildeten Blätter bleich, weil statt des Chlorophylls nur noch Etiolin gebildet wird. Derartige Pflanzen sind etiolirte Pflanzen und die Erscheinung des Vergilbens oder Vergeilens solcher im Schatten oder gänzlicher Dunkelheit stehenden Gewächse wird als Etiolement bezeichnet. Dieselbe Erscheinung tritt auch ein, wenn man Keimlinge in völliger Finsterniss wachsen lässt oder wenn Knollen im Dunkeln austreiben.

Bei solchen etiolirten Pflanzen findet nicht nur ein Vergilben aller Theile, sondern auch eine andersartige Ausbildung der Stengel und Blätter statt, welche darin besteht, dass die

Internodien eine übermässige Länge erreichen, während die Blätter weit hinter der normalen Grösse zurückbleiben. Mit der abnormen Verlängerung der Stengel ist ein geringes Dickenwachsthum verbunden, ebenso mindern sich die Querdurchmesser der gestreckten Holz- und Bastzellen, welche eine geringere Festigkeit erlangen und ebensowenig wie das zarter bleibende Rindengewebe der Dehnung durch das stark in die Länge wachsende Mark zu widerstehen vermögen.

Das Kleinbleiben der Blätter etiolirter Pflanzen aber findet seine Erklärung in dem Umstand, dass in ihnen, wenn sie aus der Knospe hervortreten, die Bildung des Chlorophylls also auch der Stärke unterbleibt, auf deren Kosten allein das jugendliche Blatt sich weiter entwickeln könnte.

Ein theilweises Etioliren findet auch statt, wenn die Saaten einen zu dichten Stand zeigen, die im Gedränge stehenden Pflanzen sich gegenseitig beschatten, wenn sie, wie der Landwirth zu sagen pflegt, vergeilen; auch in solchem Falle strecken sich die Stengel über die normale Länge hinaus, sie bleiben schwächer und sind der Lagerung in höherem Grade unterworfen. Eine solche Vergeilung wird auch eintreten, wenn eine Beschattung durch Verunkrautung eintreten sollte, wenn eine Bewölkung des Himmels durch längere Zeit eintritt oder andauernde Nebel sich einstellen. Im Winter befinden sich alle Pflanzen in sehr ungünstigen Beleuchtungs-Verhältnissen, und wenn sie im Gewächshause gezogen werden, wird eine Vergeilung in um so höherem Grade erfolgen, je wärmer das Gewächshaus gehalten wird. Unter solchen Verhältnissen ist bei Nebel und trübem Himmel, der oft viele Wochen anhält, von einer Stärkebildung in den Blättern nicht die Rede und doch strecken sich die Pflanzentheile in die Länge, sie spindeln und zeigen eben den Charakter etiolirter Pflanzen.

Welcher Art die Vorgänge sind, welche in der chlorophyllführenden Zelle statthaben, wenn sich in derselben unter dem Einflusse der Lichtwirkung aus Kohlensäure und Wasser organische Verbindungen (Stärke, Zucker oder Fett) bilden, darüber ist nichts Sicheres bekannt, wenn man gleich versucht hat, die Vorgänge dabei durch chemische Formeln dem Verständnisse näher zu bringen. Sicher ist nur, dass ein Reductionsprocess stattfindet, weil aus der assimilirenden Zelle eine

beträchtliche Menge Sauerstoff abgeschieden wird. Man kann sich hievon durch die einfachsten Versuche überzeugen. Wird ein beblätterter Zweig in einem Glasgefässe unter kohlensäurehältiges Wasser versenkt und der Sonnenwirkung ausgesetzt, so erscheinen die Blätter sehr bald mit feinen Luftbläschen besetzt, welche, wenn sie sich vergrössern, nach oben steigen und gesammelt werden können. Das gesammelte Gas erweist sich fast als reines Sauerstoffgas. Oder wird ein beblätterter Zweig in einen Glasballon eingeschlossen, dem Sonnenlichte ausgesetzt und durch den Ballon atmosphärische Luft gesogen, welche vor und nach dem Durchgang durch den Ballon auf ihren Kohlensäure- und Sauerstoffgehalt geprüft wird, so zeigt sich, dass dieselbe nach ihrem Austritte einen geringeren Kohlensäure- und einen grösseren Sauerstoffgehalt besitzt, als sie ursprünglich hatte. Entweder erfolgt nun eine Desoxydation der Kohlensäure oder des Wassers, oder beider zusammen. Durch Untersuchungen ist nachgewiesen, dass bei der Bildung von Stärke durch die Zersetzung der Kohlensäure und des Wassers das der Kohlensäure entsprechende Volum Sauerstoff von den assimilirenden Organen wieder ausgeschieden wird, dass aber der Sauerstoff der Stärke quantitativ dem Sauerstoff des zersetzten Wassers entspricht. Nach den Ansichten einiger Physiologen dürfte als erstes Assimilationsproduct die Oxalsäure auftreten und aus dieser würden dann unter weiterer Sauerstoffabgabe andere Pflanzensäuren, Weinsäure, Citronensäure, Gerbsäure u. s. w., endlich die Kohlehydrate gebildet, doch hat diese Ansicht nur den Werth einer Hypothese. Ebenso hypothetisch ist die Ansicht von Sachs, dass die Elemente der Kohlensäure und des Wassers im Chlorophyllkorne direct zu Stärke zusammentreten, sowie auch die Meinung von Sachsse, nach welcher als erstes Assimilationsproduct das Chlorophyll selbst zu betrachten sei, aus dem dann wieder Stärke und die übrigen Kohlehydrate entstünden.

Wie sich dieser Vorgang immer verhalte, gewiss ist, dass zur Bildung der ersten Assimilationsproducte Kohlensäure und Wasser als Nahrung erforderlich sind und dass die Assimilation von einer reichlichen Sauerstoffabscheidung begleitet wird. Es ist hier dem Irrthum zu begegnen, als wäre dieser Vorgang, Kohlensäure-Aufnahme und Sauerstoff-Abgabe, ein

Athmungsprocess, welcher als ein Analogon des Athmungsprocesses der Thiere bezeichnet werden könnte. Nichts kann irriger sein. Bei der Athmung der Thiere wird Sauerstoff aufgenommen und Kohlensäure abgegeben und die Folge ist eine Gewichtsverminderung des athmenden Thieres; bei der Pflanze dagegen wird Kohlensäure aufgenommen, Sauerstoff ausgeschieden, die Folge ist eine Gewichtszunahme, daher dieser Vorgang nicht ein Athmungs-, vielmehr ein Ernährungs- und Assimilationsprocess ist.

Dass nur die Kohlensäure als die ausschliessliche Quelle des Kohlenstoffes für die grünen Pflanzen zu betrachten sei, dies wurde erst in neuerer Zeit durch viele scharfsinnige Versuche nachgewiesen. Auch Erfahrungen im Kleinen und Grossen können dies unwidersprechlich beweisen. Wenn wir eine Pflanze, z. B. eine Haferpflanze, im Brunnenwasser aufziehen und dieselbe zeigt bei ihrer Ernte ein Vielfaches des Trockengewichts im Vergleich zum Trockengewichte des Samens; wenn wir ferner ermitteln, dass der Kohlenstoffgehalt der Ernte eben auch den der Samen um ein Vielfaches übertrifft; wenn wir uns ferner davon überzeugt haben, dass den Versuchspflanzen keine andere Kohlenstoffquelle zu Gebote stand als jene, welche durch den Kohlensäuregehalt des Wassers und den der Luft gegeben war: so bleibt eben keine andere Möglichkeit übrig als anzunehmen, die Pflanze habe aus der aufgenommenen Kohlensäure ihre kohlenstoffhaltigen Verbindungen producirt.

Wenn wir ferner sehen, dass auf Böden, welche nur in ganz geringer Menge organische oder humushaltige Substanzen enthalten, dennoch grosse Ernten erzielt werden können, sobald nur die mineralischen Nährstoffe in ausreichender Menge und im richtigen Mischungsverhältnisse dargeboten werden, und dass diese Ernten jahraus jahrein möglich sind, so werden wir bezüglich des Ursprungs des Kohlenstoffes in diesen Ernten gleichfalls zu keinem anderen Schlusse kommen. Würde für die Ernährung und Versorgung der Pflanzen mit Kohlenstoff Humus erforderlich sein, so würden wir uns die Thatsache nicht erklären können, wie es möglich sei, dass im Waldboden oder auch auf Wiesen, Weiden, trotzdem dass periodisch oder auf letzteren jährlich ein Theil der erzeugten organischen Substanz weg-

genommen wird, dennoch die Humusschicht, statt abzunehmen, jährlich an Mächtigkeit zunimmt.

Zieht man die ausserordentlich grosse Menge der Pflanzensubstanz in Betracht, welche jährlich auf der ganzen Erdoberfläche neu gebildet wird, so wird die Thatsache um so merkwürdiger, dass diese ungeheure Menge von Kohlenstoff aus der Atmosphäre stammt, in welcher im Mittel nur 0·04% Kohlensäure enthalten sind. Es wird dies möglich gemacht durch den ungeheuren Vorrath in der Atmosphäre, trotzdem der Antheil derselben an Kohlensäure scheinbar gering ist, und durch die gleichmässige Vertheilung und Diffusion derselben, durch den Ausgleich in Folge der Winde, wenn je an einer Stelle durch üppigen Pflanzenwuchs dieser Vorrath verringert werden sollte, was aber durch die genauesten Analysen kaum nachzuweisen ist. Es besteht übrigens kein Zweifel darüber, dass dieser grosse Vorrath dennoch erschöpft werden könnte, wenn nicht dem Verbrauch eine fast gleich grosse Production an Kohlensäure gegenüberstehen würde. Man nimmt nämlich an, dass die gesammte Vegetation der Erde jährlich etwa 300 Billionen Pfund Kohlensäure assimilire. Diesem Verbrauch steht gegenüber die Kohlensäuremenge, welche sich aus der Verwesung aller organischen Reste ergibt, mit 100 Billionen Pfund, die Kohlensäuremenge als Ergebniss des Athmungsprocesses aller Menschen und Thiere, welche gleichfalls auf 100 Billionen Pfund veranschlagt ist; dazu kommen ferner noch jene ungeheuren Kohlensäuremengen, welche bei den Verbrennungsprocessen im Haushalte des Menschen und in zahllosen Fabriken erzeugt werden. Rechnet man doch, dass die Tabak- und Cigarrenraucher allein jährlich bei 1000 Millionen Pfund Kohlensäure produciren.

Die Aufnahme der Kohlensäure durch die Pflanze wird wesentlich unterstützt durch die ausserordentliche Diffusionsgeschwindigkeit, welche diesem Gase unter den Verhältnissen, welche in der Pflanze herrschen, zukommt. Bei der einzelnen Chlorophyllzelle ist die Zellmembran stets mit Wasser getränkt, und gestattet so der im Wasser leicht löslichen Kohlensäure rasch den Durchgang; aber auch im System der Intercellulargänge diffundirt die Kohlensäure, wie Versuche gezeigt haben, schneller als irgend ein anderes Gas.

Bei dem Umstande, dass die Bodenluft einen weitaus reichlicheren Gehalt an Kohlensäure besitzt als die atmosphärische Luft, dass die Kohlensäure auch in der Feuchtigkeit des Bodens reichlich gelöst ist und sicher mit derselben in's Innere der Pflanzenwurzeln diffundirt, ist vielfach die Ansicht ausgesprochen worden, dass unter Umständen ein Theil des Kohlensäurebedarfs der Pflanze auch durch jene Kohlensäure gedeckt werden könnte, welche von den Wurzeln aufgenommen wird. Versuche in dieser Richtung haben jedoch negative Resultate ergeben, z. B. jene von Boehm mit *Phaseolus multiflorus*. Es wäre jedoch übereilt, wenn man aus den Ergebnissen, welche man bei den Versuchen mit einigen wenigen Pflanzenarten gewonnen hat, allgemeine, für sämmtliche Culturpflanzen giltige Regeln ableiten wollte, daher über das bezügliche Verhalten der verschiedenen Pflanzenarten auch noch andere Untersuchungen abzuwarten sein werden.

Jene stickstofffreien Verbindungen, welche aus der Stärke hervorgehen, bilden sich durch chemische Reactionen, erfordern keine Lichtwirkung und keinen Chlorophyll-Apparat, können sonach in den verschiedensten Theilen der Pflanze producirt werden. Welche chemischen Processe hiebei thätig sind, lässt sich gegenwärtig auch nicht annähernd sagen. Gewiss ist es ferner, dass dieser Stoffwechsel, im Gegensatze zu der eigentlichen Assimilation, welche nur unter Lichtwirkung statthat, auch im Dunkeln und unter Mitwirkung des Sauerstoffes vor sich geht, wobei eine Verminderung der Trockensubstanz der Pflanze die nothwendige Folge sein muss. Die Umwandlung der Stärke in Dextrin, Zucker, Gummi, in fettes Oel, oder die Rückbildung des Oels in Zucker und des Zuckers in Stärke und Cellulose ist überhaupt eine ganz gewöhnliche Erscheinung. Stärke, Zucker, Inulin, Fett u. s. w. können einander völlig vertreten.

Auch können Fette und Kohlehydrate im Umlauf durch den Pflanzen-Organismus Gerbstoffe, Pflanzensäuren, Farbstoffe, Extractivstoffe, ätherische Oele u. s. w. als Nebenproducte liefern.

Vom chemischen Standpunkt theilt man bekanntlich die Verbindungen, welche aus dem Assimilationsproduct des Chlorophyll-Apparates hervorgehen, in folgende Gruppen ein:

1. Kohlehydrate: Stärke, Cellulose, Inulin, Dextrin, Gummi, Rohrzucker, Traubenzucker, Fruchtzucker, Sorbin, Mannit u. s. w.;

2. in Fette und ätherische Oele, sammt den Wachsarten, Harzen, Kautschukkörpern u. s. w., welche sammt und sonders sauerstoffärmer sind, als die Kohlehydrate;

3. in Farb- und Bitterstoffe, soweit sie stickstofffrei sind;

4. in Gerbstoffe;

5. in Glycoside;

6. in Pectinstoffe;

7. in Pflanzensäuren.

Die Zahl der in diese einzelnen Gruppen gehörigen organischen Verbindungen ist eine ausserordentlich grosse.

Diese Verbindungen werden entweder augenblicklich, wie sie entstehen, als Baustoffe verbraucht, oder in gewissen Pflanzentheilen als Reservestoffe abgelagert; oder sie können auch als Nebenproducte des Stoffwechsels angesehen werden, und ist es im letzteren Falle oft schwer, ihre Bedeutung für die Pflanze zu erkennen. Wir weisen noch einmal darauf hin, dass alle diese Verbindungen eines und desselben Ursprunges sind, d. i. aus der Stärke hervorgehen.

DRITTER ABSCHNITT.

Die Assimilation der stickstoffhaltigen Nährstoffe und ihre Producte.

Nicht blos die im Vorhergehenden aufgezählten organischen ternären stickstofffreien Verbindungen, die aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, sind von ausserordentlicher Wichtigkeit; auch stickstoffhaltige Verbindungen entstehen in den Pflanzenzellen und sind ebensowohl für die Pflanzen, wie für die Thiere vollkommen unentbehrlich.

Wir können uns die Entstehung einer jungen Zelle ohne Mitwirkung des an stickstoffhaltigen Verbindungen reichen Protoplasmas nicht denken; ferner ist ja auch die Entstehung der Chlorophyllkörner an ihr Vorhandensein geknüpft, da wir wissen, dass sie sich aus dem Protoplasma differenziren. Es ist also die stickstoffhaltige Substanz der Pflanzenzelle an der Entstehung der organischen stickstofffreien Substanz mitbetheiligt.

Die Thierwelt ist bezüglich des Bezuges der stickstoffhältigen Substanzen ausschliesslich auf die Pflanzenwelt angewiesen. Die Thiere können das Material, das sie für ihre stickstoffhaltigen Organe brauchen, nicht selbst erzeugen, sondern sie entnehmen dasselbe im fertigen Zustande den Pflanzen.

Die Umwandlung von Eiweisskörpern und die Synthese höher zusammengesetzter aus einfacher gebildeten spielt im thierischen Körper eine grosse Rolle. Aus den Eiweisskörpern, welche die vegetabilische Nahrung enthält, erzeugt der Thierkörper z. B. Mucin, Glutin, Sericin, Fibroin, Ceratin, Elastin etc., wandelt sie also um, vermag aber in keiner Weise aus den Kohlehydraten und aus Ammoniak oder Kohlehydraten und salpetersauren Salzen die stickstoffhaltigen Verbindungen zu erzeugen, so wenig er aus Kohlensäure und Wasser Zucker oder Stärke oder irgend ein anderes Kohlehydrat zu bilden vermag. Dieser Aufgabe wird nur die Pflanze gerecht, daher die Pflanzenwelt auch in dieser Richtung für die Thierwelt unentbehrlich ist. Zur Bildung von Eiweisskörpern ist der Chlorophyll-Apparat der Pflanze nicht unumgänglich nothwendig. Es kann dies ohneweiters aus dem Umstande geschlossen werden, dass niedrige Pilze sich in Lösungen sehr gut entwickeln und vermehren, welche nebst Zucker auch Ammoniak-Salze oder statt letzterer salpetersaure Salze und überdies ihre anderen Aschenbestandtheile enthalten. Wenn diese Pflanzen, die keinen Chlorophyll-Apparat besitzen, dennoch stickstoffhaltige Verbindungen zu erzeugen vermögen, so ist gar kein Zweifel, dass solche auch in Zellen höherer Pflanzen, die keine Chlorophyllkörner führen, entstehen können. Damit ist nicht ausgeschlossen, dass stickstoffhaltige Körper auch in chlorophyllführenden Zellen zu Stande kommen können.

Man kann sonach sagen, dass bezüglich der Erzeugungsstätten für stickstoffhaltige organische Substanzen dasselbe gilt, wie für jene Verbindungen ternärer Zusammensetzung, welche durch Stoffwechsel, nicht durch Assimilation, aus der Stärke entstehen.

Vor Allem muss bezüglich der Entstehung der stickstoffhaltigen Körper die Frage beantwortet werden, welches Rohmaterial den Pflanzen geliefert werden muss, damit ihre Bildung im Pflanzenleibe ermöglicht werde.

Bei dem grossen Vorrathe an Stickstoff in der Atmosphäre wäre man geneigt, demselben eine bedeutende Rolle bei der Pflanzenernährung einzuräumen. Nach den Versuchen von G. Ville, einem französischen Physiologen, schien es auch, als wenn wirklich die Pflanzen unter Umständen den Stickstoff der Luft zu assimiliren vermöchten; allein die Versuche wurden von Boussingault mit durchaus negativem Erfolge wiederholt. Auch die Versuche von Mène, Harting, Guning u. A. hatten dieselben negativen Ergebnisse, daher gegenwärtig der Satz als unumstösslich gilt: Der freie Stickstoff der atmosphärischen Luft wird von der Pflanze in keiner Weise als Stickstoffnahrung verwendet.

Wenn der freie Stickstoff von den Pflanzen nicht aufgenommen und assimilirt werden kann, so müssen Stickstoffverbindungen den Stickstoffbedarf der Pflanzen decken. Dass es anorganische Stickstoffverbindungen sein müssen, welche den Pflanzen den Stickstoff liefern, lässt sich schon von vornherein mit Sicherheit annehmen. Denn durch die Fäulniss wird ja fortwährend organische Substanz zerstört und der Stickstoff derselben in Ammoniaksalze und salpetersaure Salze (Nitrate) übergeführt. Wären nun die Pflanzen darauf angewiesen, den für ihr Wachsthum erforderlichen Stickstoff in Form von organischen Verbindungen zu beziehen, so wäre ja überhaupt auf einem Boden, der nicht eine reichliche Menge von stickstoffhaltigen organischen Substanzen enthielte, eine Vegetation gar nicht möglich, was aber allen Erfahrungen widerspricht. Allerdings hat sich bei einigen Vegetationsversuchen in künstlichen Lösungen gezeigt, dass auch einzelne organische Verbindungen, z. B. der Harnstoff, das Glycocoll, die Hippursäure und noch einige ähnliche Körper, den Pflanzen ihren Stickstoffbedarf liefern können; allein diese Thatsache ist zwar an und für sich von theoretischem Interesse, hat aber weiter gar keine praktische Bedeutung.

Nachdem die organischen stickstoffhaltigen Verbindungen bei ihrem Zerfalle zur Bildung von Ammoniaksalzen und Nitraten im Boden Anlass geben, nachdem auch die Luft kohlensaures sowie salpetersaures Ammonium, wenngleich in geringer Menge, enthält, können nur diese anorganischen Stickstoffverbindungen bei der Versorgung der Pflanzen mit Stickstoff in Betracht kommen.

Während man es früher als Axiom betrachtet hat, dass Ammoniakverbindungen ausschliesslich den Stickstoffbedarf der Pflanzen decken, ist es gegenwärtig fast zweifelhaft geworden, ob die Ammoniaksalze überhaupt bei der Pflanzenernährung eine grössere Rolle spielen. Entschieden günstige Erfolge haben die salpetersauren Salze als Düngemittel ergeben, und so lag der Gedanke nahe, in diesen Nitraten die ausschliessliche Quelle für den Stickstoffbedarf der Pflanzen zu erblicken, umsomehr, als seit langer Zeit schon Vorgänge im Boden bekannt sind, welche eine Ueberführung des Ammoniaks in Nitrate bewirken. Ueber die Bedeutung der salpetersauren Salze sind von vielen Forschern sehr sorgfältige Versuche vorgenommen worden und haben die Resultate dieser Versuche, insbesondere Boussingault's und vieler Anderen, z. B. Ville's, Salm-Horstmar's, Knopp's, Stohmann's, Rautenberg's, G. Kühn's, ergeben, dass die salpetersauren Salze ganz ausnahmslos ein ausgezeichnetes Nahrungsmittel für die Pflanzen seien.

Anbauversuche in gewöhnlicher Acker- und Garten-Erde konnten, wenn auch die Düngung mit Ammoniaksalzen von entschiedenem Erfolge begleitet waren, deshalb keinen Aufschluss bringen, weil man nicht mit Bestimmtheit behaupten konnte, es seien die Ammoniaksalze als solche in die Pflanzenwurzeln übergegangen, man vielmehr vermuthen durfte, sie seien vorher in salpetersaure Salze übergeführt worden.

Indessen haben Vegetationsversuche unzweifelhaft dargethan, dass Lösungen von Ammoniaksalzen, sowohl bei Wasser- wie bei anderen Culturen, durch die Wurzeln aufgenommen werden, und dass Pflanzen, denen solche Verbindungen dargereicht wurden, reicher an Stickstoff waren als jene, denen diese Stickstoffquelle nicht eröffnet wurde. Immerhin fand man aber, dass solche Pflanzen trotzdem nicht so gut gediehen, als wenn ihnen Nitrate zu Gebote standen.

Wenn also in erster Linie der Stickstoffbedarf der Pflanzen durch Nitrate gedeckt wird, so unterliegt es doch auch andererseits keinem Zweifel, dass auch Ammoniakverbindungen dies vermögen. Auch scheint darüber kein Zweifel mehr zu bestehen, dass manche Pflanzen das kohlensaure Ammoniak der Luft mit ihren Blättern aufzunehmen vermögen. Namentlich hat Sachs, angeregt durch die eigenthümliche Wirkung, welche der Roth-

klee, die Luzerne, Erbsen und andere Leguminosen in der Fruchtfolge zeigen, Versuche unternommen, bei welchen er die Versuchspflanzen theilweise von kohlensaurem Ammonium abschloss und ihnen theilweise dasselbe künstlich zuführte, ohne dass seitens des Bodens eine Absorption dieses Gases eintreten konnte. Das Resultat war ein positives, insoferne die Aufnahmsfähigkeit der grünen Blätter der Leguminosen gegenüber dem kohlensauren Ammonium dargethan wurde.

Wenn wir berücksichtigen, dass die Ammoniakverbindungen und Nitrate, die wir im Boden vorfinden, nur durch Zersetzung der stickstoffhaltigen organischen Substanz entstehen konnten, dass das Gleiche auch von den Stickstoffverbindungen gilt, die sich in der atmosphärischen Luft vorfinden, so sehen wir, dass diese Stickstoffverbindungen, die wir als gebundenen Stickstoff bezeichnen wollen, in einem Kreislauf sich bewegen.

Es ist nun bei der Wichtigkeit der Stickstoffnahrung für die Pflanzen von grossem Interesse, zu erfahren: ob dieser Kreislauf ein geschlossener ist oder nicht, mit anderen Worten: ob der in Form organischer oder anorganischer Verbindungen auf der Erde vorhandene Stickstoff stets gebunden bleibt oder ob er zum Theil vorübergehend in Freiheit gesetzt wird?

Die Antwort auf diese Frage lautet: Dieser Kreislauf ist kein geschlossener, denn es finden auf der Erdoberfläche fortwährend Processe statt, durch welche freier Stickstoff auf Kosten von Stickstoffverbindungen entsteht.

Von solchen Processen, die gebundenen Stickstoff in freien überführen, ist vor Allem der Verbrennungsprocess hervorzuheben. Allerdings wird unter günstigen Umständen ein sehr beträchtlicher Theil der organischen stickstoffhaltigen Verbindungen in Ammoniak verwandelt, nämlich dann, wenn die Verbrennungs-Temperatur keine hohe und der Luftzutritt ein beschränkter ist. Umgekehrt aber, bei hoher Verbrennungs-Temperatur und lebhaftem Zutritt der Luft wird der grösste Theil des Stickstoffs der organischen Substanz in freiem Zustande entwickelt. Hiebei wird der in der organischen Substanz enthaltene Wasserstoff durch den im Ueberschuss zugeführten Sauerstoff zu Wasser verbrannt, zweitens kann der Sauerstoff

auch auf das etwa gebildete Ammoniak oxydirend wirken, und drittens endlich zerfällt das Ammoniak in Berührung mit stark glühenden Körpern durch die sogenannte Dissociation in Stickstoff und Wasserstoff.

Auch bei der Fäulniss organischer Substanzen wird der Stickstoff derselben nicht vollständig in Ammoniak oder andere Stickstoffverbindungen übergeführt, sondern es entsteht daneben auch freier Stickstoff. Der Beweis dafür ist von Ville und Lawes und Gilbert, von König und Kiesow geliefert worden.

Die Versuchsansteller brachten abgewogene Mengen vegetabilischer und thierischer Substanzen in geeignete Gefässe, liessen sie in Fäulniss übergehen und bestimmten sowohl die bei der Fäulniss entweichenden Stickstoffverbindungen, als den im verfaulten Rückstand verbleibenden Stickstoff. Diese Stickstoffmenge war fast ausnahmslos geringer als die bei Beginn des Versuches vorhandene Quantität. Daraus ist zu schliessen, dass sich jedenfalls ein Theil des Stickstoffs im freien Zustande verflüchtigt hatte. Nach Versuchen von Lawes und Gilbert verloren Gerstenpflanzen nach sechsmonatlicher Fäulniss bis 40% in Form von freiem Stickstoff, Bohnenpflanzen 13%, bei Weizenpflanzen konnten sie keinen Verlust constatiren; König und Kiesow constatirten bei der Fäulniss von Knochenmehl einen Stickstoffverlust von 4·2 bis 7·9%, bei der Fäulniss von Fleisch von nur 2·3%.

Man darf aus diesen Zahlen jedenfalls den Schluss ziehen, dass bei der Fäulniss ein weit geringerer Bruchtheil des Stickstoffs der organischen Substanz in Freiheit gesetzt wird, als bei der lebhaften Verbrennung, dass namentlich im Boden, in welchem die organischen Reste besser vertheilt sind und weit langsamer faulen, dieser Verlust auf ein Minimum reducirt sein dürfte.

Es frägt sich nun, ob diesem Verluste an gebundenem Stickstoff durch Verbrennung und Fäulniss andere Processe gegenüberstehen, welche diese fortwährende Verminderung des für die Pflanzenernährung so ausserordentlich wichtigen gebundenen Stickstoffs durch Bindung desselben wieder ausgleichen und ersetzen. Würde dies nicht der Fall sein, so müsste ja der Vorrath an gebundenem Stickstoffe eine fortwährende

Verminderung erleiden, wodurch ein Rückgang der Gesammtvegetation und endlich ihr vollständiges Erlöschen herbeigeführt würde.

Es sind nun mehrere Processe namhaft gemacht worden, welchen diese Wirkung zukommen sollte. Ein solcher Vorgang ist vor Allem die Bildung von Salpetersäure auf Kosten des freien atmosphärischen Stickstoffs unter dem Einflusse der Luft-Elektricität. Schon im vorigen Jahrhundert beobachtete Cavendish, dass beim anhaltenden Durchschlagen elektrischer Funken durch ein feuchtes Gemenge von Stickstoff und Sauerstoff Salpetersäure gebildet wird. Da nun der Blitz nichts Anderes ist, als ein mächtiger elektrischer Funke, so ist sicher anzunehmen, dass durch denselben in der Atmosphäre eine Bildung von Salpetersäure auf Kosten des freien Stickstoffs bewirkt wird.

Da wir wissen, dass von dem Ammoniak, welches von den organischen Substanzen bei ihrer Zersetzung auf der Erdoberfläche gebildet wird, ein Theil in die Luft entweicht, so muss man in der Atmosphäre das kohlensaure Ammonium als einen constanten Gemengtheil antreffen. Thatsächlich enthalten 1 Million Theile Luft 2 bis 8 Theile Ammoniak. Dasselbe wird theilweise zu salpetrigsaurem Ammonium oxydirt und letzteres verwandelt sich unter Sauerstoff-Aufnahme ziemlich rasch in salpetersaures Ammonium. Der Rest des Ammoniak ist an die stets vorhandene Kohlensäure gebunden. Auch die durch elektrische Entladungen entstandene Salpetersäure geht natürlich bei dem Zusammentreffen mit dem kohlensauren Ammonium in das entsprechende Ammoniaksalz über. Da nun sowohl das kohlensaure wie das salpetersaure Ammonium im Wasser sehr leicht löslich ist, so werden diese Verbindungen durch das Regenwasser grösstentheils absorbirt und auf die Erdoberfläche zurückgeführt. In der Regel wird sich also in jedem Regenwasser ein Gemenge von salpetrigsaurem, salpetersaurem und kohlensaurem Ammonium vorfinden. Auch die anderen atmosphärischen Niederschläge, Thau, Schnee enthalten stets solche Salze.

Wie zahlreiche Analysen des Regenwassers gezeigt haben, ist der Gehalt desselben an den genannten Stickstoffverbindungen ausserordentlich verschieden. Nach der Zusammenstellung von A. Mayer in seinem Lehrbuch der Agriculturchemie wech-

selt der Gehalt des Regenwassers an Salpetersäure und salpetriger Säure von 0·1 bis 16 Milliontel, an Ammoniak von 0·3 bis 16·3 Milliontel.

Da nun das im Regenwasser nachgewiesene Ammoniak ausschliesslich den an der Erdoberfläche stattfindenden Zersetzungen organischer Stoffe seinen Ursprung verdankt, kann nur ein Theil des Salpetersäuregehaltes unter dem Einfluss der Blitze aus freiem Stickstoff entstanden sein. Wenn nun durch diesen Process eine erhebliche Salpetersäuremenge gebildet würde, müssten die atmosphärischen Niederschläge in den Sommermonaten im Durchschnitt einen höheren Salpetersäuregehalt zeigen, als in den übrigen. In den nördlicheren Gegenden ist dies aber in kaum merkbarem Grade der Fall; wie sich dies Verhältniss aber in südlichen Ländern, wo die elektrischen Erscheinungen viel heftiger und häufiger sind, gestaltet, darüber sind die Untersuchungen noch ausständig. Als Beleg dafür, dass in nördlichen Gegenden die Luft-Elektricität zur Vermehrung des gebundenen Stickstoffs wenig beiträgt, dienen nachfolgende Zahlen, welche an verschiedenen Versuchsstationen Deutschlands gewonnen worden sind.

Durchschnittlicher Gehalt eines Liters Regen- oder Schneewasser an Salpetersäure in Milligramm.

	In Ida-Marien-Hütte	Regenwalde	Dahme	Kuschen	Insterburg
im Frühling	1·15	4·11	0·62	0·72	1·59
„ Sommer	0·83	1·53	0·94	0·77	1·00
„ Herbst	0·49	1·69	1·70	0·66	1·10
„ Winter	1·32	1·53	1·65	0·42	3·42
Jahresmittel	0·73	1·84	1·16	0·62	1·90

Nur an einem einzigen Ort, in Kuschen, war der Salpetersäuregehalt des Regenwassers im Sommer um etwas höher als in den übrigen Jahreszeiten, was wohl zu der Annahme zwingt, dass die Erzeugung von gebundenem Stickstoff durch den elektrischen Funken von keiner grösseren Bedeutung sei.

Immerhin ist, wie leicht zu berechnen, der jährliche Zuwachs von gebundenem Stickstoff, den der Boden durch den jährlichen Niederschlag empfängt, nicht ganz belanglos, denn wenn der durchschnittliche Regenfall der vorhin genannten Orte

jährlich 60 Centim. betragen würde, betrüge der Zuwachs an Salpetersäure pro Hektar:

In Ida-Marienhütte . .	4·28	Kilogramm
„ Regenwalde . . .	11·04	„
„ Dahme	6·96	„
„ Kuschen	3·72	„
„ Insterburg	11·40	„

Noch eine andere Entstehungsweise des gebundenen Stickstoffes ist von Schönbein und Böttcher angegeben worden. Nach diesen Forschern bildet sich salpetrigsaures Ammonium bei der Verdampfung des Wassers, ferner beim Verbrennen von Kohlenwasserstoffen, Fetten, von Weingeist und anderen organischen Substanzen an der Luft. Es bilde sich ferner salpetrigsaures Ammonium bei der langsamen Oxydation des Phosphors in feuchter Luft und würden dadurch die bei diesem Processe auftretenden weissen Nebel erzeugt. Schönbein nahm an, dass bei diesen Processen der freie Stickstoff sich direct mit dem Wasserstoff des Wassers verbinde.

Es standen aber dieser Erklärungsweise gewichtige Zweifel entgegen, denn bekanntlich ist Stickstoff ein sehr indifferentes Element, indem es im freien Zustande geringe Verwandtschaft zu anderen Elementen zeigt, und daher schwierig mit anderen Körpern sich direct vereinigen lässt.

Deshalb war man zu der Annahme geneigt, dass die Bildung des salpetrigsauren Ammoniums durch Einwirkung von Ozon auf den atmosphärischen Stickstoff veranlasst werde. Das Ozon ist bekanntlich eine Modification des gewöhnlichen Sauerstoffes, welches sich von letzterem durch ein höheres specifisches Gewicht, durch einen eigenthümlichen Geruch und insbesondere durch ein viel kräftigeres Verbindungsstreben unterscheidet. Viele Substanzen, welche in Berührung mit gewöhnlichem Sauerstoff unverändert bleiben, werden durch Ozon oxydirt. Ozon bildet sich beim Durchschlagen von elektrischen Funken durch Sauerstoff oder atmosphärische Luft, bei der Zersetzung des Wassers durch den galvanischen Strom, bei der langsamen Oxydation des Phosphors, höchst wahrscheinlich auch bei anderen Oxydationen und beim Verdunsten des Wassers. Man könnte sich nun denken, dass Ozon den freien Stickstoff zu salpetriger Säure oxydirt und dass letztere beim Zusammen-

treffen mit dem in der Luft stets vorhandenen Ammoniak salpetrigsaures Ammonium liefert.

Aber auch diese Erklärung ist unrichtig, weil nicht der freie Stickstoff, sondern nur das Ammoniak durch Ozon zu salpetrigsaurem oder salpetersaurem Ammonium oxydirt wird.

Auf einen anderen Vorgang, bei welchem aus freiem Stickstoff gebundener zu Stande kommen kann, haben Kolbe und Hofmann aufmerksam gemacht. Wenn man eine Wasserstoffflamme in einem offenen Kolben oder unter einer Glocke brennen lässt, so enthält das bei dieser Verbrennung entstehende Wasser stets Salpetersäure. Auch wenn man ein Gemenge von Wasserstoff und Luft durch den elektrischen Funken zur Explosion bringt, erhält man nach Bunsen neben Wasser etwas Salpetersäure. Die gleiche Bildung von etwas Salpetersäure kommt aber auch zu Stande, wenn freier Phosphor unter einer Glasglocke verbrennt.

Man nimmt an, dass in diesen Fällen zuerst Untersalpetersäure entsteht, welche in Berührung mit Wasser Salpetersäure liefert. Es lässt sich dieser Process nicht auf Oxydation des Ammoniaks durch Ozon zurückführen, denn der Process erfolgt auch in ammoniakfreier Luft.

Freier Phosphor kommt in der Natur nicht vor; freier Wasserstoff dagegen kann bei der Berührung von Wasserdampf mit glühenden Kohlen, bei der Dissociation des Ammoniaks durch starke Glühhitze entstehen; auch enthalten die aus Vulkanen ausströmenden Gasgemenge zuweilen freien Wasserstoff. Wenn derselbe später verbrennt, so wird vermuthlich seine Oxydation zur Entstehung von Salpetersäure Veranlassung geben.

Von verschiedenen Forschern ist ferner behauptet worden, dass den im Boden vorhandenen Humusstoffen das Vermögen zukomme, freien Stickstoff aus der Luft zu absorbiren und in Ammoniak überzuführen. So hat z. B. Mulder angenommen, dass wenn organische Substanzen in Zersetzung begriffen sind, bei welcher sich Wasserstoffgas entwickelt, dieses letztere *in statu nascenti* im Stande sei, sich mit dem freien Stickstoff der Luft zu Ammoniak zu verbinden. Zwar will auch Dehérain ähnliche Resultate erhalten haben, doch wurden von Anderen, welche die bezüglichen Versuche wiederholten, keine positiven

Ergebnisse erzielt, und kann man jedenfalls diese Ansicht vorläufig als eine hypothetische ansehen.

Aus all' diesen Betrachtungen folgt, dass die Möglichkeiten, welche in der Natur bestehen mögen, dass freier Stickstoff in gebundenen Stickstoff übergeführt werde, noch nicht hinreichend erkannt sind, und dass vollständigere Aufklärungen erst noch von künftigen Untersuchungen zu erwarten sein werden. Nach der heutigen Erkenntniss dieser Verhältnisse würde mehr gebundener Stickstoff in Freiheit gesetzt als freier gebunden, was, wenn es sich wirklich so verhielte, ernstliche Bedenken über die Vegetation der Erde in der Zukunft erwecken könnte.

Durch die Wurzel werden den Pflanzen sowohl die Nitrate wie die Ammoniaksalze zugeführt, es wird die Wirkung der ersteren in der Regel eine günstigere sein, als die der letzteren; inwieferne Unterschiede in der Wirkung des salpetersauren Kali, des salpetersauren Natrons, des salpetersauren Kalkes, dann bezüglich des Chlorammoniums, des schwefelsauren und salpetersauren Ammoniums bestehen, dies lässt sich im Allgemeinen schwer sagen, nachdem dieselbe bei verschiedenen Pflanzen, verschiedenen Bodenarten, verschiedenen Witterungs-Verhältnissen nicht die gleiche ist. Als unbezweifelbar kann angenommen werden, dass alle Düngungen, welche in Form von gebundenem Stickstoff die Stickstoffernährung der Pflanzen begünstigen, von grosser und meist auffälliger Wirkung sind. Die Zuschüsse, welche durch das Regenwasser und die übrigen Processe, die in der Natur stattfinden, in den Boden an gebundenem Stickstoff geschafft werden, müssen dagegen sehr geringfügige sein, denn die Wachsthumsversuche, welche Lawes und Gilbert bei Versuchen im Grossen bei jahrelang zugeführter stickstofffreier Nahrung vorgenommen haben, zeigten, dass hiebei bald nur noch sehr geringe Ernten, mit einem sehr geringen Stickstoffgehalte geliefert werden; solche Versuche beweisen genugsam, dass die jährlich von der Natur den Pflanzen dargebotene Nahrung an gebundenem Stickstoff eine weitaus unzureichende ist.

Wir haben aber früher schon angedeutet, dass manche unserer höheren Culturgewächse die Fähigkeit besitzen, mittelst ihrer Blätter das kohlensaure Ammonium der Luft aufzunehmen. Dadurch erklären sich die Resultate, welche Lawes und Gil-

bert bei ihren Feldversuchen im Grossen erhalten haben; sie fanden, dass die bei Unterlassung aller Stickstoffdüngung gelieferten Stickstoff-Ernten, welche bei continuirlichem Anbau einer Halmfrucht bald ziemlich constante minimale Grössen erreichten, durch Einschaltung einer jener Pflanzen, deren Blätter das Vermögen besitzen, kohlensaures Ammonium aufzunehmen, sehr erheblich gesteigert werden konnten. Nicht blos die Stickstoffernte einer Klee- und Erbsenernte war grösser als jene, welche durch die vorausgegangenen Halmfruchternten geliefert wurden, sondern auch die auf Erbsen folgende Halmfrucht ergab eine grössere Menge von Stickstoff in der Ernte. Sonach ist durch diese Versuche dargethan worden, dass jene ältere Ansicht der landwirthschaftlichen Statistiker oder Statiker allerdings eine gewisse Berechtigung hat, wenn sie neben bodenerschöpfenden, den Boden ausraubenden Gewächsen auch noch bodenbereichernde Culturpflanzen unterscheiden. Freilich erscheint es an und für sich absurd, von bodenbereichernden Pflanzen zu sprechen, nachdem doch mit jeder Ernte der absolute Gehalt des Bodens an mineralischen Nährstoffen vermindert wird; allein damit ist nicht ausgeschlossen, dass durch gewisse Pflanzen eine relative Bereicherung des Bodens an stickstoffhaltigen Nährstoffen, die aus der Luft entstammen, möglich sei. Wenn, wie die neueren Versuche unzweifelhaft dargethan haben, manche Pflanzen das Vermögen besitzen, der atmosphärischen Luft grössere Mengen ihres Ammoniakgehaltes zu entnehmen, wenn solche Pflanzen in Stoppeln und Wurzeln einen Theil dieses gebundenen Stickstoffes im Boden zurücklassen, dabei viel Mist liefern, so wird damit der Ausdruck bodenbereichernd oder fruchtbarkeitvermehrend, relativ genommen, ganz zutreffend erscheinen. Darauf gründet sich eben die pflanzenbauliche Uebung, den Klee häufig da in den Fruchtwechsel einzuschalten, wo der Boden bereits an Stickstoffnahrung verarmt ist und das Getreide nur noch eine schlechte Ernte liefert; auf diesem Grunde beruht zum Theil auch der Vortheil des Fruchtwechsels.

Die stickstoffhaltigen Verbindungen im Pflanzenkörper sind entweder indifferent, insoferne sie weder sauer noch alkalisch reagiren, oder sie sind alkalischer Natur. Die ersteren sind die Proteïnsubstanzen, die letzteren die Alkaloide.

Die ersteren theilen sich in zwei Gruppen: in solche, welche im Protoplasma, das nicht weiter differenzirt ist, vorkommen, und in solche, welche als Reservestoffe abgelagert sind. Was ihre Löslichkeitsverhältnisse anbelangt, so sind sie im Wasser zum Theil löslich, theils unlöslich; im heissen Wasser ist letzteres vorherrschend der Fall, indem nur Leim und Legumin sich löst; in Weingeist, und zwar im wässerigen wie im wasserfreien, ist nur der Pflanzenleim löslich; in Kalilauge sind sämmtliche Proteïnkörper löslich, ebenso in Essigsäure, mit Ausnahme des Legumins, das aus der wässerigen Lösung durch Essigsäure gefällt wird.

Beiderlei Proteïnstoffe bestehen aus C, H, O, N und S und sind nahezu in ähnlicher Weise zusammengesetzt.

Betrachten wir die Proteïnstoffe der Samen der Getreidearten etwas näher, so ist zunächst zu bemerken, dass, wenn man einen Teig von Weizenmehl unter Wasser so lange auskuetet, als letzteres durch Aufnahme von Stärkemehl noch milchig getrübt wird, man endlich einen Rückstand erhält, welchen man Gluten oder Kleber nennt.

Bei keiner Getreideart wie beim Weizen lässt sich in gleich einfacher Weise eine so grosse Menge von Eiweisssubstanzen abscheiden. Beim Weizen schwankt die Menge des gewonnenen Klebers nach Untersuchungen von Miller zwischen 2—17·4 Procent; harte Weizen haben in der Regel einen höheren Klebergehalt als weiche. Nach Ritthausen schwankt der Klebergehalt zwischen 8·36—21·35% an trockenem Kleber für getrocknetes Mehl. Der Kleber ist bei verschiedenen Weizenarten bald zäh, dick und elastisch, bald locker weich, sehr dehnbar oder fliesst leicht beim Erwärmen auseinander; ohne Zweifel hängen diese Verschiedenheiten allein von den Mischungsverhältnissen der Kleberproteïnstoffe ab und von den Mengenverhältnissen.

In diesem Kleber kommen nämlich vier verschiedene Proteïnkörper vor, welche Ritthausen, der sich am eingehendsten mit der Untersuchung der vegetabilischen Eiweisskörper beschäftigt hat, der Reihe nach als Glutencaseïn, Glutenfibrin, Pflanzenleim oder Gliadin und Mucedin bezeichnet.

Glutencaseïn wird erhalten, indem der Weingeist aus dem Kleber alle übrigen Verbindungen des Stickstoffes, ausser

Glutencaseïn auflöst. Gelöst werden im Weingeist Glutenfibrin, Planzenleim und Mucedin, und können nur schwierig quantitativ getrennt werden.

Das Mengenverhältniss dieser 4 Proteïnkörper im Kleber ist folgendes:

	vom Mehl	vom trockenen Kleber
Glutencaseïn . . .	2·6 —4·4%	26·0—31·4%
Glutenfibrin . . .	0·25—0·35%	2 —3%
Pflanzenleim oder Gliadin	? (bei Weizen mit zähem elastischen und sehr dehnbaren Kleber ist der Leimgehalt grösser)	?
Mucedin	? (sehr wechselnd)	?

Glutencaseïn und Pflanzenleim, andererseits Glutenfibrin und Mucedin sind nicht sehr in ihrer Zusammensetzung verschieden. So enthält nach Ritthausen:

	Gluten-Caseïn	Gliadin	Fibrin	Mucedin	Eiweiss
an C	52·94%	52·76%	54·31%	54·11%	53·12%
„ H	7·04%	7·10%	7·18%	6·90%	7·18%
„ N	17·14%	18·01%	16·89%	16·63%	17·60%
„ O	21·92%	21·37%	20·61%	21·48%	20·55%
„ S	0·96%	0·85%	1·01%	0·88%	1·55%

Schon bei Bereitung des Klebers ist ein Theil der Proteïnsubstanzen von dem Waschwasser aufgelöst worden und nennt man diese im Wasser lösliche Proteïnsubstanz Eiweiss. Der Menge nach löst sich an diesem vom Mehl 1·4—2·4% wobei aber zu bemerken ist, dass sich auch von Gliadin und Mucedin ein Theil in Waschwasser löst, wodurch es erschwert wird, den im Wasser löslichen Eiweissgehalt der Körner zu bestimmen.

Aus dem Roggen sind die Proteïnkörper schwerer darzustellen wie aus Weizen; es kommen in demselben auch nicht alle vor; es fehlen nach Ritthausen deren zwei: nämlich Gliadin und Glutenfibrin.

Die Gerste enthält an nachweisbaren Proteïnstoffen: Glutencaseïn, Glutenfibrin, Mucedin und Eiweiss, es fehlt also Pflanzenleim.

Im Mais findet sich Albumin und Maisfibrin, das von dem Glutenfibrin wesentlich verschieden ist.

Im Hafer findet sich ein sehr schwefelreicher Pflanzenleim, ferner Pflanzencaseïn von der Zusammensetzung des Legumins; es ist in beträchtlicher Menge in den Körnern ent-

halten und erscheint deshalb diese Körnerfrucht den Hülsenfrüchten nahestehend.

Die Hülsenfrüchte enthalten wesentlich Legumin, auch etwas Eiweiss und Proteïnkörper, welche weder mit dem einen noch mit dem anderen in der Zusammensetzung und den Eigenschaften ganz übereinstimmen.

Die Oelfrüchte, soweit sie bis jetzt untersucht sind, enthalten dagegen kein Legumin, sondern nur Eiweiss oder Glutencaseïn, da der Schwefelgehalt der daraus dargestellten Körper mit dem des letzteren, aber nicht mit dem des Legumins übereinstimmt.

In den gelben Lupinen, süssen und bitteren Mandeln findet sich vorwiegend ein vom Legumin und Glutencaseïn nach Zusammensetzung und Eigenschaften verschiedener Proteïnkörper, das Conglutin, das bezüglich des Gehaltes an Stickstoff mit dem Pflanzenleim übereinstimmt, sich aber im Kohlenstoffgehalt und dem chemischen und physikalischen Verhalten von diesem wesentlich unterscheidet und den allgemeinen Charakter des Pflanzencaseïns theilt.

Bei einer versuchsweisen Anordnung dieser verschiedenen Eiweisskörper ergeben sich demnach folgende Gruppen:

1. Eiweiss: Pflanzen-Eiweiss oder Pflanzen-Albumin,
2. Pflanzencaseïn;

a) Legumin,
b) Glutencaseïn,
c) Conglutin;

3. Kleberproteïnstoffe oder die Gruppe des Pflanzenleims;

a) Gliadin oder Pflanzenleim,
b) Mucedin,
c) Glutenfibrin.

Bezüglich ihrer sinnlich wahrnehmbaren Merkmale stimmen die Proteïnkörper ziemlich überein; sie sind farb- und geruchlos, geschmacklos, unfähig zu krystallisiren, amorph, im feuchten Zustande faulen sie leicht unter Mitwirkung kleiner Organismen, bei höherer Temperatur verbreiten sie einen Geruch nach verbrannten Haaren.

Ihr Vorhandensein in den Pflanzenzellen kann durch verschiedene Reagentien auf mikrochemischem Wege constatirt werden.

Salpetersäure bewirkt Gelbfärbung (unter Bildung von Xanthoproteïnsäure);

mit salpetersaurem Quecksilberoxydul bei Anwesenheit von wenig salpetriger Säure werden die Proteïnkörper bei 60° roth (Millon'sches Salz);

mit schwefelsaurem Kupfer und Kali nehmen die Proteïnkörper eine violette Färbung an;

mit Zucker und Schwefelsäure werden die Proteïnkörper rosen- bis purpurroth;

mit Jodtinctur gelb.

Gegenwärtig wird die Menge der Proteïnstoffe in den Samen und anderen Nahrungs- und Futtermitteln immer in der Weise ermittelt, dass man den gefundenen procentischen Gehalt an Stickstoff mit 6·25 multiplicirt, wobei der Gehalt der Proteïnstoffe an Stickstoff mit 16% angenommen ist.

Die Resultate solcher Berechnungen sind aber nicht ganz genau und stimmen mit der Wirklichkeit nicht überein, da der Stickstoffgehalt der meisten Proteïnkörper höher als 16% ist, beim Conglutin steigt er bis 18·4%, bei Gliadin bis 18·1%.

Demnach erscheint es erforderlich, für die Samen der Getreide-Arten, für die meisten Hülsenfrüchte- und Oelsamen die Berechnung der Proteïnstoffe derart abzuändern, dass der gefundene Procentgehalt an N statt mit 6·25 mit 6 multiplicirt wird; bei dieser Berechnung ist der Gehalt an Stickstoff in den Proteïnkörpern durchschnittlich mit 16·66% angenommen.

Die Frage, in welchen Theilen oder Geweben der Pflanze die Werkstätte zu finden sei, wo die stickstoffhaltigen Substanzen erzeugt werden, ist mit absoluter Gewissheit bis jetzt nicht zu beantworten. Man weiss bestimmt, dass sie in den chlorophyllhaltigen Zellen der Algen gebildet werden können, und hat sonach einen Grund zu vermuthen, dass sie auch in chlorophyllhaltigen Zellen der höheren Pflanzen erzeugt werden können. Ebenso gewiss ist es aber auch andererseits, dass Zellen, welche kein Chlorophyll besitzen, aus Kohlehydraten und Ammoniak- oder salpetersauren Salzen Eiweissstoffe erzeugen, wenn ihnen nur von den Blättern her Kohlehydrate oder Fette, und von der Wurzel Ammoniak- oder salpetersaure Salze zugeführt werden.

Neuerdings ist man geneigt anzunehmen, dass die Bildung der eiweissartigen Stoffe wahrscheinlich innerhalb der leitenden

Gewebe der Blattstiele und der Internodien stattfindet, und zwar in den Siebröhren der Gefässbündel, welche im Weichbast der Gefässbündel vorkommen. Man folgert dies aus der Ablagerung von oxalsaurem Kalk in Krystallen in der Umgebung des Phloëm (Bastschicht), der äusseren Gewebeschicht des Fibrovasalstranges, insofern bei der Bildung des oxalsauren Kalkes, der aus dem schwefelsauren Kalk gebildet wird, die Schwefelsäure von dem Kalk getrennt wird, wobei dann der Schwefel der Schwefelsäure in die chemische Constitution der Eiweissstoffe eintritt.

In welcher Weise aber aus den Kohlehydraten und aus den Ammoniak- oder salpetersauren Salzen die Eiweissverbindungen gebildet werden, ist noch in ein tiefes Dunkel gehüllt. Festgehalten muss dabei werden, dass die neu entstandenen Eiweissmoleküle wahrscheinlich immer nur zwischen den Molekülen des Protoplasmas entstehen, dass also überhaupt nur protoplasmahaltige Zellen als die Werkstätten für die Bildung der Proteïnkörper angesehen werden können. Zellen, welche nur mehr wässerige Zellsäfte besitzen, sind für die Proteïnbildung von keiner Bedeutung mehr. Wäre der wässerige Zellsaft der Ort dieses chemischen Vorganges, so wäre nicht einzusehen, warum nicht auch in jeder anderen wässerigen Lösung, welche dem Zellsafte nachgebildet wäre, Eiweissmoleküle sollten entstehen können.

Man kann also sagen: wie die Chlorophyllkörner, d. i. das grüne Protoplasma, unter dem Einflusse des Lichtes in ihrem Inneren Stärke erzeugen, so wird man auch annehmen dürfen, dass das farblose Protoplasma ohne Einfluss des Lichtes aus den Kohlehydraten und Ammoniak- oder salpetersauren Salzen neue eiweissartige Moleküle erzeugen könne.

Nach Rochleder entstehen aus den Kohlehydraten in den protoplasmahältigen Pflanzenzellen fette Säuren; wie sie aber in minimalen Mengen entstehen, nehmen sie sofort aus den Ammoniak- oder salpetersauren Salzen den Stickstoff an sich.

Von Interesse ist hier zu bemerken, dass man sich auch schon bemühte, auf künstlichem Wege stickstoffhaltige organische Substanzen zu bereiten mit demselben Material, welches hiebei die Pflanze benöthigt.

Kekulè erhitzte Kohlehydrate mit Ammoniak, wobei er unter Wasseraustritt stickstoffhaltige leimähnliche Substanzen erhielt.

Dusard erhielt aus Traubenzucker, Milchzucker bei Erhitzung mit wässerigem Ammoniak auf 150° und Fällung mit Alcohol zähe, stickstoffhaltige Faden, die wie Eiweisskörper mit Gerbesäure unlöslich und fäulnisswiderstandsfähig waren.

Was die differenten chemischen Verbindungen anlangt, so ist ein näheres Eingehen auf das Vorkommen und die Eigenschaften dieser sogenannten Alkaloide umsoweniger am Platz, als über ihre Entstehung und Bedeutung gar nichts Genaueres bekannt ist. So viel wäre zu bemerken, dass in manchen Familien das Vorkommen verschiedener Alkaloide ein ganz regelmässiges ist, z. B. bei den *Ranunculaceen, Solaneen, Colchicaceen* u. s. w.; dass sie ferner keine irgend bemerkenswerthe physiologische Function zu unterstützen haben, dass sie eher als Ausscheidungsproducte angesehen werden können, welche in besonderen Drüsen, Milchsaftgängen u. s. w. abgelagert, der Pflanze unter Umständen als Schutzmittel dienen.

Sie sind entweder unzersetzt flüchtig (Nicotin) oder sie lassen sich ohne Zersetzung nicht destilliren, wie das Strychnin, Chinin u. s. w.

Meist sind sie krystallisirbar, von bitterem Geschmack und oft sehr heftiger Wirkung auf den thierischen und menschlichen Organismus. Doch finden sich in ihrer Mitte auch die wirksamsten Arzneimittel oder solche, welche zu den Luxus-, Genuss- und Erregungsmitteln gehören, wie z. B. Theïn, Coffeïn Morphin und Andere. Insoferne kommt ihnen auch eine gewisse landwirthschaftliche Bedeutung zu, als sie durch ihr Vorkommen in Unkräutern den Werth des Weidegrases und des Wiesenheues herabsetzen und durch ihr Vorkommen in Unkrautsamen den Werth der Sämereien, namentlich derjenigen vermindern, welche zur Fütterung der Hausthiere oder zur Ernährung des Menschen dienen.

VIERTER ABSCHNITT.

Die Aufnahme und Bedeutung der Aschenbestandtheile.

C, H, O, N und S sind nicht die einzigen Elementarbestandtheile der Pflanzen, es kommt vielmehr noch eine ganze Reihe von Mineralbestandtheilen hinzu, welche die Asche der Pflanze zusammensetzen. Will man eben wissen, welche Aschenbestandtheile überhaupt in einer Pflanze vorkommen, so wird man offenbar nur eine Untersuchung des unverbrennlichen Rückstandes vorzunehmen haben.

Darüber aber, welche von diesen Aschenbestandtheilen zur Ausbildung der Pflanzen ganz und gar unentbehrlich sind, ferner darüber, in welcher Menge sie von der Pflanze aufgenommen werden müssen, damit das Wachsthum möglichst gut von Statten gehe, darüber können solche Analysen natürlich keinen Aufschluss geben. Dies könnten sie nur in dem Falle, wenn jede Pflanze die Fähigkeit hätte, nur jene Stoffe aufzunehmen, die sie wirklich braucht, und in jener Menge, die eben zur Ausbildung ausreicht. Wir wissen aber bereits, dass der Pflanze ein solches Wahlvermögen nicht zukommt, dass sie auch unter Umständen eine Luxusconsumtion treibt, indem sie einzelne Verbindungen in ihrem Körper anhäuft, ohne dass diese eine physiologische Function zu leisten hätten.

Die chemischen Analysen haben in verschiedenen Pflanzenaschen von den Metalloiden: Schwefel, Phosphor, Silicium, Bor, Chlor, Brom, Jod und Fluor, von Metallen: Kalium, Natrium, Rubidium, Magnesium, Calcium, Barium, Strontium, Aluminium, Eisen, Mangan, Zink, Kobalt, Nickel und Kupfer nachgewiesen. Fast alljährlich wird ein neuer Elementarbestandtheil in einzelnen Pflanzen entdeckt, und doch sind es nur einige wenige von allen diesen Stoffen, die für die Ernährung der Pflanzen wirklich unentbehrlich sind.

Zur Ermittlung dessen, was die Pflanzen wirklich brauchen, genügt daher die chemische Analyse nicht, es muss vielmehr ein anderer Weg eingeschlagen werden, nämlich die Erziehung von Pflanzen in Medien, welchen man nur gewisse Stoffe und zwar in genau bestimmter Menge, zusetzt. Diese Medien sind entweder Wasser oder künstliche Böden aus Quarzsand,

Porzellan oder Glasperlen, Kohlenpulver u. dgl., welchen die Lösung zugeführt wird. Bei dem ersteren Verfahren tauchen die Wurzeln in die Lösungen selbst, daher die Pflanzen an der Oberfläche dieser Lösungen fixirt werden müssen; bei künstlichen Böden können sich die Pflanzen mit ihren Wurzeln selbst befestigen. Nehmen wir an, die Lösung enthalte alle für die Versuchspflanze nöthigen Nährstoffe, so wird ein Wachsthum möglich sein; dieselbe wird zur Frucht- und Samenbildung gelangen und die Ernte wird um so reicher ausfallen, je günstiger auch alle übrigen Wachsthumsbedingungen sich zusammenfinden.

Wenn aber beispielsweise nur ein Kalksalz oder ein Kalisalz, z. B. Kalisalpeter, in der Lösung vorhanden sein sollte, so wird die Pflanze wegen unvollständiger Ernährung sich so wenig entwickeln, als wenn sie nur destillirtes Wasser mit ihren Wurzeln aufnehmen würde.

Man operirte nun nach der Differenzmethode, nach welcher jede Frage durch Versuche entschieden wird, die paarweise angestellt werden, so dass der eine Versuch sich von dem anderen durch kein Moment als das Fehlen des Stoffes unterscheidet, von welchem es eben fraglich ist, ob er als unentbehrlicher Nährstoff angesehen werden kann.

Durch zahlreiche Vorversuche trachtete man Normallösungen herzustellen, welche im Stande waren, die Pflanzen zur vollkommenen Entwicklung zu bringen. Indem man einzelne Stoffe aus diesen Lösungen eliminirte, konnte deren Entbehrlichkeit oder Unentbehrlichkeit und ihre Bedeutung festgestellt werden; indem man sie durch andere Stoffe ersetzte, konnte auch die Frage beantwortet werden, inwieferne sich verschiedene Stoffe, z. B. Kali oder Natron, Kalk oder Magnesia, Eisen oder Mangan u. s. w., gegenseitig ersetzen können.

Solche normale Nährstofflösungen sind von verschiedenen Physiologen und Agriculturchemikern zusammengesetzt worden, wobei die Concentration derselben nur 1 oder 0·5 per Mille beträgt. So enthält die Knop'sche Nährstofflösung für Hafer auf 1000 bis 2000 Gewichtstheile Wasser:

$^1/_{100}$ % Aequivalent	schwefelsaure Magnesia . .	0·66	Gewichtstheile
$^2/_{100}$ „ „	salpetersauren Kalk . . .	1·82	„
$^1/_{100}$ „ „	phosphorsaures Kali . . .	1·51	„
$^1/_{1000}$ „ „	phosphorsaures Eisenoxyd .	0·13	„

Birner und Lucanus geben als normale Nährstofflösung folgendes Salzgemenge für 1—3 Liter Wasser an:

schwefelsaure Magnesia . .	0·6 Gramm	dazu noch phosphorsaures Eisenoxyd in aufgeschlämmtem Zustande wiederholt zugesetzt
salpetersaurer Kalk	1·64 „	
phosphorsaures Kali	1·18 „	
Zusammen .	3·42 Gramm	

oder die Nobbe'sche Nährstofflösung für *Polygonum fagopyrum, Pisum, Vicia Hordeum, Brassica, Beta:*

4	Aequivalente	Chlorkalium
4	„	salpetersauren Kalk
1	„	schwefelsaure Magnesia

ferner kleine periodische Zusätze von phosphorsaurem Kali und phosphorsaurem Eisenoxyd.

Solche Versuche in Nährstofflösungen müssen natürlich mit möglichster Sorgfalt ausgeführt werden. Dieselbe erstreckt sich auf die Reinheit der verwendeten Präparate und ist dieser Punkt um so wichtiger, als von manchen Nährstoffen ganz geringe Mengen genügen, um denselben Effect hervorzubringen, wie im Falle reichlicherer Anwesenheit. Der künstliche Boden, wenn solcher in Anwendung kommt, darf ferner gleichfalls keine löslichen Stoffe abgeben; Quarzsand, der zur Verwendung kommt, muss ausgeglüht, mit Salzsäure und Wasser vollständig ausgewaschen sein. Auch die Gefässe selbst dürfen keine Wände besitzen, welche von den Lösungen angegriffen werden oder metallische Verbindungen abgeben. Manche Glassorten werden angegriffen, wie man nach dem Mattwerden ihrer inneren Oberfläche beurtheilen kann; bei Kupfergefässen bildet sich Grünspan, der als starkes Gift eine schädliche Wirkung ausüben kann; das Gleiche gilt von Zinkgefässen, welch' letztere daher auf der Innenseite mit einer Wachsschicht zu überziehen wären; Kupfergefässe dürften nur verzinnt angewendet werden. Ein wichtiger Umstand ist ferner der, dass die Wurzeln, wenn Glasgefässe in Anwendung kommen, vor der Lichtwirkung geschützt werden, was dadurch geschieht, dass sie Hüllen aus Pappendeckel oder schwarzem Glanzpapier bekommen. Die Abhaltung des Lichtes ist aber nicht nur deshalb nothwendig, weil das Licht das Wurzelwachsthum verlangsamt, sondern auch deshalb, weil sich unter seinem Einflusse stets eine reichliche Algenbildung einstellt, welche die Wurzeln in einen grünen Ueberzug einhüllt und ihr Wachsthum in hohem Grade beeinträchtigt.

Natürlich müssen die Versuchspflanzen auch vor Verstaubung geschützt werden, denn der Staub enthält zahlreiche lösliche mineralische Bestandtheile, welche die Nährstofflösungen verunreinigen. Sie müssen ferner unter günstigen Lichtverhältnissen erzogen werden, damit keine Etiolirung eintritt, die nicht vermieden werden kann, sobald die Cultur im Zimmer erfolgt. Deshalb werden diese Nährstoffculturen am besten im Freien vorgenommen und die Pflanzen bei ungünstigem Wetter in's Gewächshaus transportirt, was bei Gewächshäusern, die für derartige Versuche eingerichtet sind, auf kleinen Wägelchen geschieht, die auf Schienen hinaus- und hereingerollt werden.

Schliesslich ist noch zu bemerken, dass die Lösung öfter, z. B. alle 14 Tage, erneuert werden muss; man hat wohl auch für die Pflanzen in verschiedenen Vegetationsperioden Lösungen von verschiedener Concentration und von verschiedener Zusammensetzung angewendet.

Nach diesen einleitenden, hauptsächlich die Versuchs-Methoden behandelnden Erläuterungen sollen nun die einzelnen Aschenbestandtheile besprochen werden, welche für das Wachsthum der Pflanzen theils nothwendig sind oder wenigstens häufig genug in den verschiedensten Pflanzen vorgefunden worden sind.

Zunächst berühren wir das Vorkommen des Schwefels. Dieses ist ein allgemeines durch das ganze Pflanzenreich, mögen wir die höchst organisirten oder die niedrigsten Pflanzenorganismen betrachten. Bei Culturversuchen in wässerigen Lösungen konnte in keinem einzigen Falle eine Pflanze zu irgend einer nennenswerthen Ausbildung gelangen, wenn in derselben eine zur Aufnahme geeignete Schwefelverbindung fehlte. Die Unentbehrlichkeit des Schwefels begreift man, wenn man sich daran erinnert, dass die Proteïnstoffe sammt und sonders schwefelhaltig sind und bis nahe 1 bis 2% davon enthalten. Sowie der Gehalt der Pflanzen während ihres Wachsthums an Proteïnsubstanzen steigt, ebenso dauert auch die Aufnahme des gebundenen Stickstoffes und der Schwefelverbindungen fort. Die letzteren werden durch die Wurzeln als schwefelsaures Salz aufgenommen und erleiden durch einen uns gänzlich unbekannten Process in der Pflanze eine Reduction, um dann einen Bestandtheil der sauerstoffarmen Porteïnkörper zu bilden. Als

wahrscheinlich kann angenommen werden, dass der schwefelsaure Kalk in der Pflanze durch die in der Pflanze entstehende Oxalsäure zersetzt und so der unlösliche oxalsaure Kalk gebildet wird, wobei die Schwefelsäure ihren Schwefel an die Eiweissstoffe abgibt.

Ausser in den Proteïnkörpern findet sich der Schwefel auch in scharfen ätherischen Oelen, im Senfsamen, im Meerrettig, im Knoblauch und anderen Laucharten u. s. w., in welchen er als Vertreter des Sauerstoffes fungirt. Welche Bedeutung diese schwefelhaltigen Oele (Schwefelallyl) für die betreffenden Pflanzen haben, ist unbekannt; ebenso ist es fraglich, warum manche Pflanzen, wie namentlich Seegewächse und Equisetaceen oft grosse Mengen von schwefelsauren Salzen enthalten, ohne dass ein Grund dafür geltend gemacht werden könnte, dass diese Salze für die Pflanzen, in welchen sie angetroffen werden, nützlich sind.

Aus den Vegetationsversuchen in künstlichen Böden oder Nährstofflösungen geht bezüglich der Schwefelverbindungen, welche als Schwefelnahrung für die Pflanze dienen können, hervor, dass sämmtliche schwefelsauren Salze, deren Basen entweder unentbehrliche Pflanzennährstoffe sind, oder mindestens als unschädlich betrachtet werden können, den Pflanzen ihren Schwefelbedarf zu liefern im Stande sind. Also das schwefelsaure Ammonium und Kali, die schwefelsaure Magnesia, der schwefelsaure Kalk, in zweiter Linie auch das schwefelsaure Natron. Dagegen sind nicht zur Aufnahme geeignet oder sind als schädlich zu betrachten: unverbundener Schwefel, schweflige Säure, schwefligsaure Salze, Schwefelmetalle, unterschwefligsaure Salze und Schwefelwasserstoffe.

In den meisten Böden, mit Ausnahme der Gypsböden, sind die Sulfate nur in bescheidenen Mengen vorhanden. Die Ansprüche der Waldbäume an Schwefelsäure sind verhältnissmässig gering, so dass sie ohne Zweifel in jedem Boden genügende Quantitäten vorfinden. Die Anforderungen der landwirthschaftlichen Culturgewächse bezüglich ihres Schwefelbedarfes sind weit grösser und ist mit Recht darauf aufmerksam gemacht worden, dass namentlich bei Anbau der Futtergewächse die schwefelsauren Salze im Allgemeinen mehr berücksichtigt werden sollten. Daher erkläre sich hauptsächlich die

Wirkung des Gypsens beim Rothklee, der Esparsette und der Luzerne.

Bezüglich des Schwefelsäuregehaltes der Asche kommen bedeutende Schwankungen vor. Es enthält z. B. die

Asche des Wiesenheus . . . 1— 6%
„ „ Kleeheus . . . . 1—10%
„ der Wurzelgewächse . 3—15%

Maxima an Schwefelsäure in der Asche sind gefunden worden:

bei Grünraps . . . . . bis 16·3%
„ Stoppelrüben . . . . . „ 14%
„ Kohl- und Krautstrünken „ 11%
„ Seegras . . . . . „ 24%

Dagegen sind als Minima zu bezeichnen:

bei überreifem Wiesenheu . . 0·7%
„ Winterroggenstroh . . . 1·8%
„ Hanfkörnern . . . . . 0·2%
„ Reis . . . . . 0·6% u. s. w.

Ebenso unentbehrlich wie der Schwefel ist für die Entwicklung der Pflanzen der Phosphor. Es ist noch nie gelungen, irgend eine Pflanze oder überhaupt einen Organismus in normaler Weise fortzubringen, wenn der Phosphor unter den Nährstoffen fehlte. Bezüglich der Bedeutung des Phosphors ist vor Allem auf die Beziehungen zwischen der Bildung und Aufspeicherung der Porteïnstoffe und dem Vorhandensein der Phosphorsäure hinzuweisen. Beide sind unzertrennliche Begleiter; wo die Porteïnsubstanzen auswandern, dort verschwindet auch die Phosphorsäure. Aus allen abgestorbenen Pflanzentheilen wandern die Porteïnstoffe mit der Phosphorsäure und dem Kali zum grössten Theil aus und wandern in die jüngeren Theile, z. B. bei Bäumen aus den älteren Holz- und Rindenlagen in die jüngeren Holzringe und Rindenschichten, aus den absterbenden Blättern in die Zweige, Aeste und den Stamm zurück. Beim Reifen der Samen oder Früchte, zu deren Bildung die Phosphorsäure vorzüglich verwendet wird, geht der grösste Theil der Phosphorsäure aus dem Stengel und den Blättern in die Samen über. Dies erklärt, warum Wiesenheu oder Kleeheu um so phosphorsäurereicher ist, je jünger es gemäht wurde, warum das Stroh des gereiften Getreides phosphorsäurearm ist, warum die Stoppel- und Wurzelrückstände sehr ungleiche Mengen von

Phosphorsäure enthalten, je nachdem die Pflanze im reifen oder unreifen Zustande geerntet worden ist.

Unter den Aschenbestandtheilen der Pflanze ist für den Praktiker keiner von so grosser Bedeutung, wie die Phosphorsäure, weil sie einerseits von allen Culturpflanzen in namhafter Menge aus dem Boden aufgenommen wird, andererseits aber unter allen mineralischen Nährstoffen in geringster Menge vorkommt. Sowohl die Quantität wie die Qualität der Ernteproducte ist von einem bestimmten Gehalte des Bodens an Phosphorsäure abhängig, weshalb im Allgemeinen der Phosphorsäuregehalt der Ackererden auch als ein Massstab für ihre Fruchtbarkeit angesehen werden kann.

Dass die Phosphorsäure auch eine wichtige Rolle in der Forstcultur spielt, beweist einerseits die überaus üppige Baumvegetation auf allen phosphorsäurereichen Böden, z. B. den Basaltböden, andererseits auch die Thatsache, dass der Holzertrag zum Phosphorsäuregehalt des Bodens in einem nicht verkennbaren Verhältnisse steht.

Aber der Wald braucht für seine jährliche Production weit weniger Phosphorsäure wie das Ackerland, denn einem Hektar wird an Phosphorsäure jährlich entzogen:

durch eine mittlere Kartoffelernte	36·25	Kilogramm
„ „ „ Kleeheuernte	31·33	„
„ „ „ Erbsenernte	27·10	„
„ „ „ Wiesenheuernte . . .	23·71	„
„ „ „ Weizenernte	21·43	„
den jährlichen Holzzuwachs im Buchenhochwald	13·32	„
„ „ Fichtenhochwald	7·86	„
„ „ Kiefernwald	4·75	„

Gedeckt wird der Bedarf der Pflanzen an Phosphorsäure durch die im Wasser löslichen phosphorsauren Salze: phosphorsaures Ammonium, phosphorsaures Kali und Natron, oder durch jene phosphorsauren Salze, welche erst durch Hilfe der Kohlensäure, der Nitrate und Ammoniaksalze, durch Kochsalz oder selbst durch die auflösende Kraft der Wurzeln gelöst werden können. Solche sind z. B. der phosphorsaure Kalk, die phosphorsaure Magnesia, das phosphorsaure Eisenoxyd und Eisenoxydul.

Dagegen ist freier Phosphor, Phosphorwasserstoff, sind phosphorige und unterphosphorigsaure Salze nicht unter die

Pflanzennährstoffe einzureihen, dieselben sind vielmehr grossentheils als heftige Gifte anzusehen.

Es folgen einige Zahlen, welche über den wechselnden Gehalt der Phosphorsäure in den Aschen verschiedener Culturpflanzen Aufschluss geben.

In 100 Theilen Asche sind enthalten:

In Wiesenheu und Gräsern . .	4·61—21·31%
„ Klee- und Futtergewächsen . .	4—16%
„ Wurzelgewächsen	1·9—20%
„ Stroharten	1 —8%
„ Gespinnstpflanzen	8 —29·6%
„ Getreidekörnern	15·6—52·6%
„ Hülsenfrüchten	27·1—44·4%

Das Silicium ist von einer ausserordentlich grossen Verbreitung im Pflanzenreich; ältere Pflanzenorgane sind reicher daran als junge, gewisse Familien sind kieselsäurereicher als andere. So ist beispielsweise die Familie der Gräser durch grossen Kieselsäure-Reichthum ausgezeichnet. Die Trockensubstanz des Strohs der Getreidearten, welche 5% Asche enthält, besitzt in dieser bis 50 und mehr Procent an Kieselsäure. Manche Theile der Gräser sind aber an Kieselsäure noch reicher.

Die Trockensubstanz der oberen Blattscheiden von Phragmites communis besitzt . . . 12·9% Kieselsäure

Bei den Getreidearten sind die Spelzen die kieselsäurereichsten Theile; so enthalten in der Trockensubstanz:

Weizenspelzen	9·7—12% Kieselsäure
Roggenspelzen	7·75% „
Dinkelspelzen	7% „
Gerstengrannen . . .	10% „
Haferspelzen	6—7% „

Bei *Lithospermum officinale* steigt in den Früchtchen der Kieselsäuregehalt der Trockensubstanz bis 28%.

Maxima und Minima, die bezüglich des Kieselsäuregehaltes in den Aschen verschiedener Pflanzen vorkommen, sind folgende:

Diverse Samen	1—10%
Bespelzte Früchte . . .	30—50%
Klee und Futterkräuter .	1— 4%
Wurzelgewächse	1— 6%
Gras und Heu	20—60%
Stroh	40—70%
Spreu	70—80%

Reich an Kieselsäure sind auch die Schachtelhalme, die bei einem Aschengehalt von 20% in demselben bis zur Hälfte Kieselsäure enthalten. Auch ganz kleine Organismen, einzellige Algen, Diatomeen gibt es, die ihrer feinen Zeichnungen wegen zu mikroskopischen Probe-Objecten verwendet werden, welche fast reine Kieselsäure als Asche hinterlassen und auch im Skelet noch vollkommen die Form des Organismus bewahren.

Ob Kieselsäure in der Form, in welcher sie aufgenommen wird — freie Kieselsäure, kieselsaure Alkalien — in der Zellwand einfach eingelagert wird, oder ob sie mit dem Zellstoff molekulare Verbindungen eingeht, oder ob sie sich ähnlich wie der Kohlenstoff in der Kohlensäure verhält, d. h. ob Kohlenstoff durch Silicium in der Cellulose etwa vertreten werden kann, ist noch nicht sichergestellt.

Sachs meinte, dass die Kieselsäure nur in der Zellmembran eingelagert sei, ohne sich weiter an den chemischen Processen zu betheiligen. Hofmeister nimmt an, dass sich das Silicium oder die Kieselsäure mit einem Theil der Wandsubstanz verbindet. Nach Ladenburg's Untersuchungen kennt man eine Oxalsäure, in welcher der Kohlenstoff durch Silicium ersetzt ist, ebenso verschiedene Aethylverbindungen, wonach es theoretisch allerdings möglich erscheint, dass sich das Silicium im Pflanzenleibe wie Kohlenstoff verhalte, also sauerstoffarme, organische Verbindungen einzugehen vermöge.

Aber nicht blos in den erwähnten Fällen findet sich Kieselsäure in der Pflanzenasche, auch alle übrigen Culturpflanzen enthalten davon grössere und kleinere Mengen, so dass man geneigt wäre, aus diesem allgemeinen Vorkommen darauf zu schliessen, dass die Kieselsäure für alle höheren Pflanzen ein unentbehrlicher Nährstoff sei.

Die Culturversuche mit Nährstofflösungen haben jedoch das Irrthümliche dieser Ansicht ergeben, denn bei solchen Culturen ist es selbst gelungen, Pflanzen, die man früher zu den Kieselpflanzen gerechnet hatte, in Nährstofflösungen zur vollkommenen Entwicklung zu bringen, in welchen Kieselsäure vollkommen fehlte. Dieses Resultat erzielte man beim Mais, beim Weizen, Hafer und Gerste, und so scheint der Satz von der Unentbehrlichkeit der Kieselsäure für Getreidearten in das Gegentheil sich verwandelt zu haben.

Da die bei solchen Culturen geernteten Pflanzen ihre gehörige Festigkeit besassen, so kann man ohneweiters folgern, dass die Festigkeit der Grashalme nicht durch das Vorhandensein der Kieselsäure bedingt werde, sondern dass es wohl hauptsächlich Kalk- und Magnesiasalze seien, welche die Festigkeit der Zellmembranen bedingen.

Eine gewisse Nützlichkeit mag übrigens doch der Kieselsäure zugeschrieben werden, insoferne sie durch ihr Auftreten in den Zellmembranen die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit derselben gegen äussere Einflüsse erhöht. Einen solchen Einfluss, der geeignet ist, die Keimfähigkeit mancher Samen auf viele Jahre hinaus zu erhalten, haben wir schon kennen gelernt, indem es in hohem Grade wahrscheinlich ist, dass die Quellungsunfähigkeit mancher Samen mit dem Kieselsäuregehalte ihrer Testa und Fruchtschale zusammenhängen dürfte. Andererseits ist wohl auch schon die Vermuthung ausgesprochen worden, dass Getreide in solchen Böden, welche einen grösseren Kieselsäuregehalt (lösliche Kieselsäure) besitzen, weniger der Lagerung unterworfen ist. Wir können diese Ansicht indessen nicht als erwiesen ansehen, so wenig als es ausser Zweifel ist, dass die kieselsäurereicheren Membranen den Angriffen der verschiedenen getreideschädlichen Parasiten besser widerstehen. Bei den Brandpilzen kann diese Eigenschaft nicht in Betracht kommen, weil die Infection schon bei ganz jungen Pflanzen (Keimlingen) erfolgt, bei welchen die Beschaffenheit der Membran der Blätter noch nicht von den Bodennährstoffen beeinflusst wird; zweifelhaft ist's dagegen bei den Rostpilzen (Puccinien) und bei den Erisypheen. Bei letzteren haben Versuche mit Weizen und Getreide, welche in höherem Grade vom Mehlthau befallen zu werden pflegen, nicht zu Gunsten dieser Annahme gesprochen, trotzdem bei diesen Versuchen theils gar keine, theils eine geringe oder reichliche Zufuhr von löslicher Kieselsäure erfolgte.

Von den Metalloiden tritt noch das Chlor mit grosser Regelmässigkeit auf. Manche Pflanzen enthalten diesen Grundstoff in besonders reichlicher Menge, wieder andere nur in Spuren oder nur in gewissen Organen. Auch bezüglich dieses Grundstoffes haben die neueren Versuche in Nährstofflösungen dargethan, dass die Entwicklung bei den meisten Pflanzen

in normaler Weise vor sich geht, auch wenn denselben keinerlei Chlorverbindung dargeboten wird.

Nur wenige Pflanzen machen hievon eine entschiedene Ausnahme und zu diesen gehört Buchweizen, von welchem durch Nobbe gezeigt worden ist, dass er ohne Chlorzufuhr keine Früchte zu reifen im Stande ist.

Nobbe, der diese Versuche zuerst vornahm, wies auch nach, dass die grünen Organe der bei Ausschluss von Chlor erzogenen Pflanzen so von Stärkekörnern strotzten, dass Jodlösungen die betreffenden Blätter tiefblau färben konnten, während normal vegetirende Blätter wegen des spärlichen Vorkommens der Stärkekörner dieselbe nur mikroskopisch nachweisen liessen. Nobbe schliesst daher, dass der Mangel an Chlorverbindungen dem Buchweizen die Fähigkeit raube, das Stärkemehl von einem in das andere Organ überzuführen, mit anderen Worten in die lösliche, der Wanderung fähige Modification umzubilden.

Jedenfalls sind schon sehr geringe Mengen von Chlorverbindungen im Stande, diese Wirkung auszuüben, weshalb auch andere Versuchssteller entgegengesetzte Resultate erhalten haben, insoferne sie Buchweizen ohne Chlor oder vielleicht nur mit Spuren von Chlor zur völligen Entwicklung brachten.

Eine eigenthümliche Wirkung von Chlorverbindungen auf die Quantität und Qualität der Ernten muss hier Erwähnung finden. Chlordüngungen vermehren nämlich bei manchen Culturpflanzen, bei Futterpflanzen, Wurzel- und Knollengewächsen, den quantitativen Ertrag, vermindern aber gleichzeitig die Qualität der geernteten Producte; erniedrigen beispielsweise den Zuckergehalt der Runkelrüben, den Stärkegehalt der Kartoffelknollen, verleihen den Blättern des Tabaks die unangenehme Eigenschaft, schwerer zu verbrennen u. s. w.

Die chemischen Verbindungen, in welchen das Chlor von den höheren chlorophyllführenden Pflanzen aufgenommen wird, sind Chlornatrium oder Chlorkalium, Chlorammonium, Chlormagnesium, Chlorcalcium; in erheblichen Mengen sind jedoch diese Verbindungen schädlich, und macht sich dieser nachtheilige Einfluss schon bei den Keimlingen geltend. Hypothetisch ist übrigens die Erklärung, nach welcher die Ursache der Beeinträchtigung darin zu suchen ist, weil bei der Assimilirung

des Kaliums, Natriums, Calciums oder Magnesiums Salzsäure abgespalten werde, welche die Wurzeln beschädige.

Chlor als freies Gas wird von den Pflanzen nicht vertragen, wie es ja auch irrthümlich ist, dass es keimungsfördernde Eigenschaften besitze; auch Salzsäure ist selbst in verdünntem Zustande schädlich.

Von metallischen Aschenbestandtheilen finden sich in jeder Asche theils grössere, theils kleinere Mengen von Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium und Eisen.

Kaliverbindungen sind noch in keiner Pflanze weder einer höher noch niedriger organisirten vermisst worden. Kali kommt in manchen Pflanzen besonders reichlich vor, und hat man solche Pflanzen wohl auch „Kalipflanzen" genannt; man rechnet zu solchen beispielsweise die Runkelrüben, die Kartoffelpflanzen, aber auch den Tabak, Hopfen, den Weinstock und andere.

Gewiss besteht eine innige Beziehung zwischen den Kohlehydraten und den Kaliverbindungen, dieselbe beschränkt sich aber nicht blos darauf, dass das Kalium die Wanderung der Kohlehydrate von einer Zelle in die andere begünstigt, sondern auch dass die Kohlehydrate ebenso mit dem Kali vergesellschaftet sind, wie die Proteïnsubstanzen mit dem Phosphor. Ohne Kaliverbindungen bildet sich im Chlorophyll keine Stärke und bei alleiniger Zufuhr von phosphor- oder schwefelsaurem Kali wird die gebildete Stärke später nicht mehr in lösliche Producte des Stoffwechsels übergeführt, diese Rolle scheint vielmehr dem Chlorkalium zugewiesen zu sein. Ob einer grösseren Kali-Aufnahme in allen Fällen eine Mehrproduction von Zucker und Stärke entspricht, ist indessen noch nicht völlig erwiesen, denn Düngungsversuche haben über diesen Punkt zum Theil widersprechende Resultate ergeben. In die Pflanze gelangt das Kalium entweder als salpetersaures, schwefelsaures, phosphorsaures, kieselsaures Salz oder als Chlorkalium. Salpetersaures Kali, ferner Chlorkalium, sowie phosphorsaures Kali haben sich als die wirksamsten Verbindungen erwiesen; dagegen ist das kohlensaure Kali wegen der stark alkalischen Reaction weniger geeignet zur Aufnahme.

In der Pflanzenzelle erscheint das Kali mit organischen Säuren: Weinsäure, Oxalsäure, Apfel-, Citronensäure verbunden;

bei einem Uebermass der Aufnahme kommen wohl auch anorganische Kalisalze vor.

Gehalt verschiedener Pflanzen-Aschen an Kali:

Gräser und Heu	25—50%
Kleeheu	15—48%
Wurzeln der Wurzelgewächse	30—65%
Blätter der Wurzelgewächse .	15—60%
Stroh von Getreide . . .	10—25%
„ „ Leguminosen . . .	20—46%
Samen und Früchte	10—45%
Hölzer	5—35%

Auch das weitverbreitete und in seinen Eigenschaften dem Kalium so nahe verwandte Natrium findet sich mit grosser Regelmässigkeit in den Aschen von sämmtlichen Nutzpflanzen. Jedoch ist der Unterschied auffallend, dass, obwohl das Natrium im Boden kaum geringere Verbreitung hat als das Kalium, doch die Pflanzen durchaus nur geringe Mengen des Natriums enthalten. Dies ist selbst dort der Fall, wo der Natriumgehalt des Bodens die vorhandene Menge des Kaliums um ein Vielfaches übertrifft. Dazu kommt, dass das Natrium in der Pflanze überall gleichmässig vertheilt ist, dass es nirgends wie das Kalium in gewissen Geweben angehäuft ist.

Culturversuche in wässrigen Lösungen haben nun dargethan, dass in natriumfreien Lösungen die meisten unserer Culturpflanzen gedeihen können, dass sie nicht blos spärlich fortgebracht werden, sondern auch zur vollkommenen Ausbildung gelangen. Damit ist die Entbehrlichkeit des Natriums für unsere Culturpflanzen dargethan. Dieselben Versuche haben aber auch bewiesen, dass die Natriumverbindungen das Kali nicht zu ersetzen vermögen und dass in kalifreien Lösungen, in welchen keine Culturpflanze sich weiter zu entwickeln vermag, auch durch Natriumverbindungen kein Ersatz geleistet werden kann.

Damit ist übrigens nicht gesagt, dass das Natrium für gar keine Pflanze unentbehrlich sei. Es kann dies in erster Linie nicht von den im Meerwasser vegetirenden Pflanzen gesagt werden, ebensowenig von der Küstenflora, wie von den Pflanzen der Salzsteppen, welche ganz beträchtliche Mengen von Kochsalz und schwefelsaurem Natron in ihrer Asche enthalten. Mit solchen Pflanzen sind eben noch keine Culturversuche in künst-

lichen Lösungen vorgenommen worden, daher die Unentbehrlichkeit der Natriumverbindungen auch nicht für alle Pflanzen behauptet werden darf.

Das Calcium ist ein weiterer, in allen Pflanzen verbreiteter anorganischer Bestandtheil. Dabei ist zu constatiren, dass dieser Elementarstoff nicht gleichmässig durch die ganze Pflanze verbreitet ist, sondern sich in gewissen Organen mehr anhäuft. So sind beispielsweise die Blätter und alle blattreichen Organe der Pflanzen reich an Calcium, während die fleischigen Wurzeln und Knollen kalkarme Asche liefern. Ob die Schmetterlingsblüthler, wie Wicken, Erbsen, Linsen oder Klee, Luzerne u. s. f. deshalb kalkreich sind, weil ihre Blattbildung sehr entwickelt ist, muss dahingestellt bleiben; Thatsache ist aber, dass diese Pflanzen früher allgemein zu den Kalkpflanzen gerechnet worden sind.

Die Culturversuche, die bezüglich der Unentbehrlichkeit des Kalkes angestellt worden sind, haben ergeben, dass es in keinem Falle gelang, irgend eine Culturpflanze ohne Kalk zu einer bemerkenswerthen Entwicklung zu bringen. Wenn Calcium somit zu den absolut nothwendigen Pflanzennährstoffen gerechnet werden muss, so wissen wir aber andererseits doch nicht, worin der physiologische Act besteht, dessen Zustandekommen durch die Intervention der Kalkverbindungen bedingt wird.

Nachdem die Blätter, sowohl die jungen wie die alten, an Kalk reich sind, so wäre es wohl möglich, dass die Production an organischer Substanz so wie an das Kali auch an Kalk gebunden wäre, allein dies ist nur eine Vermuthung, die allerdings dadurch verstärkt wird, dass Pflanzen, welche kein Chlorophyll besitzen, an Calcium arm sind.

Nach Boehm scheinen die Kalksalze die Wanderung der organischen Substanzen zu begünstigen und findet dies schon bei Keimpflanzen statt. Wurden den Lösungen, in welchen diese erzogen worden sind, Kalksalze zugesetzt, so wurden die Cotyledonen weit vollständiger entstärkt, als wenn dies nicht der Fall war.

Eine andere Ansicht, die sehr plausibel erscheint, ist die: die Kalksalze seien deshalb für die wachsenden Pflanzentheile von Wichtigkeit, weil sie mit Schwefelsäure in die Pflanze eintreten oder aber mit Phosphorsäure; der Kalk in den Pflanzen-

zellen dürfte auch als Neutralisationsmittel der giftigen Oxalsäure Beachtung verdienen.

Calcium kann als doppeltkohlensaurer Kalk aufgenommen werden; auch der dreibasische phosphorsaure Kalk wird unter Vermittlung kohlensäurehältigen Wassers zum Theil löslich; leicht löslich ist salpetersaurer und in hinreichendem Grade schwefelsaurer Kalk.

In der Pflanze werden neben anorganischen Kalksalzen vorwiegend organische, wie der oxalsaure Kalk, angetroffen. Von einem Eintreten des Kalks in hochorganisirte Verbindungen ist nichts bekannt; man weiss nur, dass er in der Zellmembran, und zwar in den secundären Schichten derselben sich ablagert und zur Festigkeit gewisser Pflanzentheile nicht wenig beiträgt.

Als Maxima und Minima des Procent-Kalkgehaltes der Aschen verschiedener Culturpflanzen können angesehen werden:

	Maximum	Minimum	Mittel
bei Wiesenheu	32·7	8·38	16·72
„ Rothkleeheu	53·36	21·91	35·22
„ Getreidekörnern	8·35	0·9	2·6
„ Samen der Hülsenfrüchte . .	13·4	1·2	5·0
„ Stroh der Cerealien	15·2	2·89	6·89
„ Stroh der Hülsenfrüchte . .	48·9	10·3	22·4
„ Wurzeln der Wurzelgewächse	16·0	0·5	6·36
„ Blättern der Wurzelgewächse .	46·0	5·73	20·0
„ Holzarten		25—75	

Auch das Magnesium muss als ein unentbehrlicher Aschenbestandtheil aller höheren Gewächse angesehen werden, denn in keinem einzigen Fall konnte eine Pflanze, welche in künstlichen Nährstofflösungen erzogen worden ist, ohne eine Magnesiumverbindung zu einer erheblicheren und vorgeschritteneren Entwicklung gebracht werden, vielmehr starben alle Versuchspflanzen in einem frühen Alter.

Vorzüglich findet es sich in den Samen angehäuft, in deren Asche es den Kalkgehalt beiweitem übertrifft. Es hält in seinem Auftreten ziemlich gleichen Schritt mit dem Phosphor, gleich diesem mehrt und mindert es sich in den Pflanzentheilen mit der Zu- oder Abnahme der Proteïnkörper.

Die Aufnahme des Magnesiums in die Pflanze geschieht in ähnlichen Verbindungen wie beim Calcium. Chlormagnesium ist eine schädliche Form für die Aufnahme, dagegen hat sich

salpetersaure Magnesia ebenso wie schwefelsaure Magnesia am tauglichsten für die Zufuhr von Magnesia erwiesen.

Als Beispiele des wechselnden Procent-Gehaltes von Magnesia in den Pflanzenaschen mögen folgende gelten:

	Maximum	Minimum	Mittel
Wiesenheu	16·65	2·52	6·31
Rothkleeheu	26·07	5·34	10·89
Getreidekörner	17·35	4·93	12·50
Samen der Leguminosen	13·02	5·33	7·62
Stroh der Getreidearten	7·03	1·46	2·64
Stroh der Leguminosen	13·89	3·29	8·04
Wurzeln und Knollen	13·58	1·30	4·54
Blätter der Wurzelgewächse	28·47	1·00	9·51

Das Eisen ist der letzte metallische Körper, welcher ohne Ausnahme von jeder grünen Pflanze aufgenommen werden muss. Es kann nämlich der grüne Farbstoff der Chlorophyllkörner, welcher mit Weingeist oder Aether oder Benzol ausgezogen werden kann, ohne Eisen nicht gebildet werden. Wiesner zeigte, dass zwar in den Chlorophyll-Extracten Eisen durch die empfindlichsten Reagentien, z. B. Rhodankalium, nicht nachgewiesen werden kann, wohl aber stets sicher dann, wenn der Chlorophyll-Extract eingedampft, eingeäschert und hierauf auf seinen Eisengehalt geprüft wird. Nun lässt sich aus der eintretenden Rothfärbung stets mit Sicherheit auf die Anwesenheit von Eisenrhodanit schliessen, woraus ohne Zweifel gefolgert werden kann, dass in den Chlorophyllkörnern zwar Eisen vorkommt, aber in einer Verbindung, welche nicht als Eisensalz angesehen werden kann; vielmehr muss diese eisenhältige Verbindung ein organischer Körper sein, und eben das Chlorophyll ist diese eisenhältige organische Verbindung.

Das Gleiche gilt auch von dem Farbstoffe, welcher die Etiolinkörner gelb färbt und der gleichfalls als eine organische Eisenverbindung anzusehen ist.

Sobald in den Nährstofflösungen oder in einem künstlichen Boden unter den Pflanzennährstoffen eine Eisenverbindung fehlt, können sie die grüne Farbe nicht annehmen; sie erscheinen bleichsüchtig oder chlorotisch. Der Zustand, welcher als Chlorose unterschieden wird, erinnert einigermassen an das Etiolement, ist aber doch gänzlich verschieden von demselben. Bei etiolirten Pflanzen, die an Lichtmangel leiden, ist eben der ganze Habitus verändert; bleichsüchtige oder chlorotische Pflanzen unterscheiden

sich aber nur durch ihre bleiche weisse Farbe von den grünen Pflanzen. Hieher ist auch als zum Theil krankhafte Erscheinung die theilweise bleiche Farbe mancher panachirten Blätter zu rechnen, welche im Wachsthume stets zurückbleiben.

Man kann die bereits eingetretene Chlorose durch Zusatz eines Eisensalzes zu den Nährstofflösungen beheben und haben hiebei sowohl die Eisenoxydulsalze wie die Oxydsalze gute Dienste geleistet. Die zweckmässigste Form, der Pflanze Eisensalze zuzuführen, ist die, dass man feinvertheiltes phosphorsaures Eisenoxyd so aufschlämmt, dass sich ein Theil auf die Wurzeln niederschlägt, wo dann die Wurzel durch die Ausscheidungen an ihrer Oberfläche die Eisenverbindung löst, in sich aufnimmt und den eisenbedürftigen Organen zuführt.

Nach Angabe einiger Versuchsansteller gelingt es sogar, die Chlorose durch äussere Application von Eisenlösungen an die Organe zu heben, d. h. man hat beobachtet, dass das form- und farblose Protoplasma der Zellen gerade an den Stellen, wo eine Berührung mit einer Eisenlösung stattgefunden hatte, nach einiger Zeit in regelmässige Körner zerfällt und die gewöhnliche grüne Farbe annimmt.

Das Eisen wird in Form von Oxydul- und Oxydsalzen aufgenommen. Erstere werden nur bei stärkerer Concentration schädlich; auch ist es wahrscheinlich, dass sie sich vor dem Eintritt in die Pflanzenwurzeln zu Eisenoxydverbindungen umwandeln.

An Eisenoxyd enthalten verschiedene Pflanzenaschen in der Regel nur geringe Mengen. So z. B. in Procenten von:

	Maximum	Minimum	Mittel
Wiesenheu	4·92	0·13	1·25
Rothkleeheu	5·01	0·32	1·06
Getreidekörnern	3·38	0	0·57
Samen der Leguminosen	3·83	0	0·57
Stroh der Cerealien	2·70	0	1·04
Stroh der Leguminosen	4·56	0	1·26
Wurzeln und Knollen	7·18	0	1·18
Blättern der Wurzelgewächse	4·32	0·17	1·58

Wenn wir nun zurückblicken und noch einmal die für das Pflanzenleben unbedingt nothwendigen Grundstoffe zusammenstellen, so sind es ausser Kohlenstoff, Wasserstoff,

Sauerstoff und Stickstoff auch noch der Schwefel und der Phosphor und von Metallen das Kalium, Calcium, Magnesium und das Eisen. In anderer Anordnung und mit Rücksicht auf die Verbindungen, in welchen diese Grundstoffe von den Pflanzen aufgenommen werden, kann man sagen, dass zur Ernährung einer jeden Pflanze nothwendig sind:

Das Wasser; ferner vier Säuren: Kohlensäure, Salpetersäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure; ferner fünf Basen: Ammoniumoxyd, Kali, Kalk, Magnesia und Eisen.

Dagegen wären Silicium, Chlor und Natrium nicht als unentbehrliche Grundstoffe anzusehen, wenn auch nicht in Abrede gestellt werden kann, dass denselben ein förderlicher Einfluss auf gewisse Functionen zuzuschreiben ist, entweder ganz im Allgemeinen oder in Bezug auf specielle Pflanzen und Organe.

Hier ist der Ort, auch jener Stoffe zu gedenken, welche mehr zufällig in den Pflanzen vorkommen, und zwar deshalb, weil sie unter besonderen Umständen vielverbreitet im Boden vorkommen können, und von diesem auf die in demselben wurzelnden Pflanzen übergehen.

Als solche seltenere Bestandtheile werden oft genannt: Jod und Fluor, ferner von Metallen: Aluminium und Mangan.

Jod findet sich in erheblichen Mengen nur in Seetangen, welche die Fähigkeit besitzen, aus dem Meerwasser, das nur Spuren von Jod enthält, dasselbe in sich aufzusammeln, so dass in manchen Tangen bis $0{\cdot}2\%$ der Trockensubstanz an Jod enthalten sind. Mit solchen Fucus-Arten sind noch keinerlei Wachsthumsversuche angestellt worden, ob sie auch ohne Jod gedeihen können; für unsere Culturpflanzen ist Jod aber ohne allen Zweifel vollkommen entbehrlich.

Nachdem Fluor ziemlich allgemein verbreitet in den Ackererden vorkommt (der Flussspath und der Apatit sind fluorhaltige Mineralien) ist es nicht auffallend, wenn dieser Grundstoff auch in den Pflanzen fast allgemein, wenn auch nur spurweise vorkommt.

Als Beweis für das allgemeinere, wenn auch nur sehr spärliche Auftreten des Fluors in den Pflanzen ist anzuführen, dass man Fluor in den Knochen der höheren Thiere, namentlich im Zahnschmelz aufgefunden hat. Wicke hat das Fluor in

den Spelzen der Getreide-Arten nachgewiesen. Salm-Horstmar behauptet dessen Unentbehrlichkeit für einige Culturpflanzen. Angesichts gegentheiliger Ergebnisse anderer Versuche ist der Beweis hiefür nicht als erbracht anzusehen.

Aluminium wird äusserst selten in Pflanzenaschen nachgewiesen und wo das der Fall war, hat man Ursache anzunehmen, dass dies in Folge der Verunreinigung der Wurzeln geschehen ist. Doch gibt es Pflanzen aus der Familie der *Lycopodiaceen*, welche in der Asche grosse Mengen enthalten, so dass man die Laugen derselben direct als Beize in der Färberei verwenden kann *(Licopodium complanatum)*. Essigsaure Thonerde wurde auch in Weintrauben gefunden; gewiss ist, dass der Rebstock bei seiner Einäscherung Aluminium-Verbindungen hinterlässt.

Das Mangan ist zwar ein sehr verbreiteter Aschenbestandtheil, jedoch immer nur in sehr spärlicher Menge vorhanden. Die Vegetationsversuche haben gezeigt, dass diesem Grundstoff durchaus keine Bedeutung zukommt; auch ist Mangan durchaus unfähig, das Eisen in seiner specifischen Wirkung bei der Bildung des Chlorophylls zu ersetzen.

Noch spärlicher als Jod, Fluor, Aluminium und Mangan finden sich Lithium und Rubidium, indem sie nur durch die Spectralanalyse nachweisbar sind; ferner Brom, Kupfer, Silber. Für das Vorkommen von Bor, Strontium, Barium liegen nur ganz vereinzelte Angaben vor. Bei keinem dieser Grundstoffe kann auch nur im Entferntesten an ihre Unentbehrlichkeit für die Pflanzen gedacht werden.

Eigenthümlich ist schliesslich das Vorkommen von Zink im Galmeiveilchen *(Viola calaminari* und *Thlaspi alpestre)*, das derart auf diese Pflanzen einwirkt, dass sie ihren Habitus vollständig ändern und so zur Aufstellung neuer Arten Veranlassung geben. Man kann aber deshalb nicht sagen, dass diese Stoffe für die betreffenden Pflanzen unentbehrlich seien, sondern nur, dass mit ihrem Auftreten gewisse Formveränderungen verbunden sind.

FÜNFTER ABSCHNITT.

Die Athmung.

Unter Athmung der Pflanzen versteht man einen der thierischen Athmung wesentlich analogen Process. Bei der Athmung der Pflanzen wie der Thiere wird Sauerstoff aus der Atmosphäre aufgenommen und ein Theil der organischen Substanz mit dem aufgenommenen Sauerstoff zu Kohlensäure verbrannt, welche von den athmenden Pflanzen ausgehaucht wird. Dieser Process ist für die Pflanze ebenso nothwendig wie für das Thier. Denn schliesst man Pflanzen in einem Gasgemenge ab, in welchem der Sauerstoff fehlt, so hören sie zu functioniren auf; die Pflanze stirbt wie das Thier, wenn dieser Zustand längere Zeit andauert. Den wichtigsten Einfluss übt der eingeathmete Sauerstoff auf das Protoplasma aus. Indem das Protoplasma Sauerstoff aufnimmt, und ein Theil seiner organischen Substanz verbrennt, wird eine Kraft entbunden, welche die Strömung und Bewegung des Protoplasma ermöglicht. Durch die Verbrennung der organischen Substanz in den lebenden Zellen wird auch die chemische Leistung möglich, durch welche alle ternären stickstofffreien Verbindungen aus der Stärke entstehen können, ohne Mitwirkung des Chlorophyll-Apparates, durch welche ferner auch die stickstoffhaltigen Verbindungen entstehen. Wo deshalb ein lebhafter Stoffwechsel stattfindet, da ist auch die Athmung eine erhöhte.

Eine Pflanze, welche im Dunkeln verweilt, nimmt nur Sauerstoff auf, gibt Kohlensäure ab; da findet sonach ausschliesslich der Athmungsprocess statt. Im Lichte gehen Athmung und Assimilation parallel neben einander her. In letzterem Falle tritt die Athmung gegenüber der Assimilation oft bedeutend zurück, so dass trotz der oft bedeutenden Verluste an organischem Material durch Verbrennung zu Kohlensäure dennoch der Ueberschuss an neugebildeter organischer Substanz so bedeutend ist, dass eine stetige Zunahme des Trockengewichts der Pflanze erfolgen kann.

Alle lebenden, in der Entwicklung begriffenen Pflanzentheile athmen.

Wir haben dies für die keimenden Samen schon hervorgehoben, als vom Keimungsprocess die Rede war. So lange der Keimling noch Keimpflanze ist, findet nur eine Sauerstoff-Aufnahme und Kohlensäure-Ausscheidung statt, also eine wirkliche Athmung und das Gewicht der Trockensubstanz muss sich verringern, bis endlich das Keimungsstadium überstanden ist und auch eine Assimilation, das heisst die Erzeugung neuer Pflanzensubstanz durch die grünen Blätter, erfolgen kann.

Auch die geschlossenen und in Entwicklung begriffenen Knospen nehmen O auf und geben CO_2 ab, und zwar nicht blos im Finstern, sondern auch im hellen Sonnenschein. Dieser Process ist so energisch, dass auf 1 Volumtheil frischer Substanz der Pflanzen bis 6, selbst 10 Volumtheile ausgehauchter Kohlensäure per 24 Stunden entfallen.

Auch bei unterirdischen chlorophyllfreien Organen gelingt es leicht, die Athmung nachzuweisen. Ueberträgt man eine in einer Nährstofflösung erzogene kräftige Pflanze mit ihren Wurzeln in kohlensäurefreies Wasser, so lässt sich in diesem schon nach kurzer Zeit CO_2 nachweisen. Diese Athmung der Wurzeln kann natürlich nur in einem gelüfteten Boden unterhalten werden. Sobald die Luft und der Sauerstoff derselben in Folge einer Krustenbildung oder der festen Beschaffenheit des Bodens oder einer stagnirenden Wasserschicht von den Wurzeln abgehalten wird, kränkeln die Pflanzen und sterben wohl auch ganz ab. Wir wissen, dass die in Folge der Athmung von den Wurzeln ausgeschiedene Kohlensäure sehr wichtigen Functionen dient.

Die Blüthenblätter und Geschlechtsorgane der Blüthen zeichnen sich durch sehr starken Sauerstoff-Verbrauch und Kohlensäure-Ausathmung aus. Am meisten gilt dies von den Staub- und Fruchtblättern und dem Pistill. Beobachtungen stellten fest, dass von den Blüthen das 16—18fache des Volumens derselben an Sauerstoff in 24 Stunden aufgenommen wird.

Es gibt Fälle wo die Athmung so bedeutend ist, dass die dabei gebildete Wärme hinreicht, die Blüthentheile auf eine merklich höhere Temperatur zu bringen. Besonders auffallend wird dies in den Blüthenhüllen der Aroideen *(Colocasia odora, Arum maculatum)*; bei letzterer haben Senebier und Dutrochet selbst einen Temperatur-Ueberschuss von 8—10° C.

über der Lufttemperatur constatirt. Auch die Kürbisblüthen zeigen in ihrem Innern so bedeutende Erwärmung in Folge der Athmung, dass erstere schon durch gewöhnliche Thermometer nachgewiesen werden kann.

Wir brauchen wohl nicht besonders hervorzuheben, dass auch die Blätter und alle grünen Pflanzentheile athmen; doch ist dieser Vorgang nur bei Nacht rein zu beobachten, bei Tag ist er je nach der Lichtwirkung, das ist der Helligkeit des Lichtes, mehr oder weniger verdeckt.

Auch die Pilze, sowohl die niedrig organisirten wie die complicirter gebauten, athmen. Es gilt dies sowohl von jenen, welche als Saprophyten auf abgestorbenen organischen Substanzen vegetiren, wie von den Schmarotzerpilzen, welche auf den höher organisirten Pflanzen vorkommen. Das Sauerstoffbedürfniss derselben ist ein sehr lebhaftes und wenn beispielsweise Hutpilze u. s. w. unter einer Glasglocke abgeschlossen werden, so ist in kurzer Zeit der gesammte Sauerstoffvorrath verbraucht. Das Sauerstoffbedürfniss geht bei manchen Pilzen so weit, dass sie, wenn ihnen der Sauerstoff der Luft mangelt, den organischen Verbindungen den Sauerstoff entziehen und dadurch den Zerfall oder die Spaltung derselben herbeiführen. Das ist z. B. nach der Ansicht Vieler der Fall bei der Bier- oder Weinhefe, den verschiedenen Sacharomyces-Arten. Indem die Hefe Sauerstoff aus Zuckerlösungen aufnimmt, veranlasst sie einen weiter gehenden Zerfall derselben in Alcohol und Kohlensäure. Ob auch bei höheren Pflanzen auf diese Weise ein Zerfall der organischen Substanz eintritt, um das Sauerstoffbedürfniss der Pflanzen zu befriedigen, ob, wie man diesen Vorgang auch genannt hat, solch eine „innere Athmung" überhaupt stattfindet, muss vorläufig noch dahingestellt bleiben.

Die an einzelnen Pilzen wie *Agaricus olearius, A. Gardneri*, *A. igneus* und an *Rhizomorpha*-Arten beobachtete Entwicklung eines hell phosphorescirenden, weissen, bläulichen oder grünlichen Lichtes hängt ebenfalls von der Athmung ab; auch die Licht-Erscheinungen, welche an manchen Blüthen gelbblüthiger Compositen von einigen Beobachtern wahrgenommen worden sind, dürften damit zusammenhängen.

SECHSTER ABSCHNITT.

Die Bewegung der Gase.

Was die Bewegung der Gase in die Pflanze, aus der Pflanze und innerhalb der Pflanze anbelangt, so kann diese Bewegung eine doppelte sein: eine Diffusionsbewegung und eine Bewegung in den Intercellularräumen. Bei den Landpflanzen sind die durch Membrandiffusion in die Gewebe aufgenommenen Gasmengen nach der jeweiligen Beschaffenheit der Epidermis oder der diese vertretenden Gewebe sehr verschieden. Je schwächer die Aussenwände der Oberhautzelle cuticularisirt sind (Wurzeln), desto leichter diffundiren Kohlensäure und Sauerstoff, welche bei der Gasbewegung in den Pflanzen ganz allein in Betracht kommen, hindurch. Mit dem Grade der Cuticularisirung wird auch die Schwierigkeit für den Durchgang der Gase gesteigert. Kork- und Borkeschichten schliessen, mit Ausnahme der durch die Lenticellen eingenommenen Stellen, das innere Gewebe fast luftdicht von der Atmosphäre ab.

In allen diesen Fällen sorgen die Spaltöffnungen für den Gas-Austausch, und sind um so zahlreicher vorhanden, je mehr die Membrandiffusion in den Hintergrund tritt; sie fehlen daher Organen, welche durch Membrandiffusion allein ihren Bedarf decken können, z. B. Wurzeln, Blattflächen, die auf dem Wasserspiegel liegen, Blättern, die ganz im Wasser untergetaucht sind.

Die Kohlensäure, welche durch die Spaltöffnungen der Blätter in ihre Intercellularräume eintritt, kann natürlich, da das System der Intercellularräume ein zusammenhängendes ist, durch's ganze Blatt diffundiren; das Gleiche gilt auch vom Sauerstoff und von dem kohlensauren Ammonium. Ob aber das Eindringen der Gase von den Blättern aus auch noch durch die Blattstiele bis in die Zweige und den Stamm durch die Intercellularräume vermittelt wird, ist fraglich, doch mag dies Verhalten bei verschiedenen Pflanzen verschieden sein. Dass sich die Gase auch noch durch die Blattstiele tiefer hinab in den Pflanzenkörper bewegen, dafür spricht anscheinend folgender Versuch. Wenn man ein unverletztes abgeschnittenes Blatt mit dem Stiele luftdicht in die Oeffnung des Recipienten einer Luft-

pumpe einfügt, wobei das Blatt in der äusseren Luft sich befindet, der Stiel selbst aber in ein auf dem Teller der Luftpumpe stehendes mit Wasser gefülltes Glas eintaucht, so entwickelt sich beim Auspumpen der Luft ein continuirlicher Blasenstrom aus der Schnittfläche des Blattstieles. Umgibt man das Blatt äusserlich mit Kohlensäure und setzt man dem Wasser des Gefässes unter der Glasglocke Kalkwasser zu, so lässt sich durch die Trübung zeigen, dass Kohlensäure durch das Blatt gepumpt wird. Der Versuch ist aber nicht beweisend, denn auch aus Samen und Früchten, deren Intercellularräume nach aussen nicht geöffnet sind, lässt sich die Luft, wenn sie in Wasser unter dem Recipienten einer Luftpumpe sich befinden, auspumpen, so dass sie von allen Seiten Luft in zahlreichen Bläschen ausströmen lassen. Hier wird eben der Luftdruck die Luft durch die Membranen, wenn sie auch geschlossen sind, hindurchpressen.

Die luftführenden Räume in den Blättern werden, je nachdem eine Athmung allein statthat, oder je nachdem die Assimilation der Kohlensäure überwiegt, entweder vorherrschend mit Kohlensäure oder mit Sauerstoff gefüllt sein und darnach wird auch die eine oder andere Gasart leichter aus dem Blatte herausdiffundiren. Auf die Zusammensetzung der Luft des Stammes wird wohl hauptsächlich jenes Gas Einfluss nehmen, welches mit dem Wasser aus dem Boden aufgenommen wird und sich je nach den verschiedenen Druckverhältnissen ausscheidet.

SIEBENTER ABSCHNITT.

Der Stoffwechsel und die Stoffwanderung.

Mit Bezug auf die Bewegung jener organischen und anorganischen Verbindungen, welche zur Neubildung und zum Wachsthum als Baustoffe Verwendung finden, ist vor Allem hervorzuheben, dass sie nur im gelösten Zustande transportabel sind; zu diesem Zwecke müssen sowohl die stickstofffreien wie die stickstoffhaltigen Verbindungen oft in andere Formen übergeführt werden, daher Stoffwechsel und Stoffwanderung in inniger Beziehung zu einander stehen.

Die Richtung, in welcher die neugebildeten und in einer löslichen Form vorhandenen organischen Substanzen sich in der Pflanze bewegen, ist immer durch den Ort des Verbrauchs derselben bestimmt. Es können hiebei folgende Fälle sich ergeben:

1. Die gelösten Stoffe bewegen sich von ihren Entstehungsorten zu ihren Verbrauchsorten;

2. diese Bewegung findet statt von den Entstehungsorten zu den Ablagerungsorten;

3. sie kann eintreten von den Ablagerungsorten zu den Verbrauchsorten.

Einige Beispiele mögen diese Vorgänge genauer illustriren.

Ad 1. So lange die Blätter noch wachsen, werden sie Stärke als Baumaterial in Anspruch nehmen, sie werden solche nicht exportiren, vielmehr wird ihnen beim Wachsthum noch ein Import an solcher zu statten kommen. Sobald sie aber ausgewachsen sind, liefern sie den höher gelegenen noch jüngeren und im Wachsthum begriffenen Blättern dieses Material zur Bildung der Zellmembranen. Oberhalb der Blätter finden sich am Ende der Pflanzenachse die Blüthen, die gleichfalls Nährstoffe verbrauchen und sie von den unterhalb befindlichen Blättern beziehen. Wir sehen aber, dass nicht blos am Stengel sich neue Achsen bilden, neue Blätter entwickeln und somit eine Zufuhr organischer Stoffe nach diesen Verbrauchsstätten nothwendig wird, wir wissen vielmehr, dass auch die Wurzeln an Gewicht zunehmen, dass ihre Wurzelverzweigungen immer zahlreicher werden u. s. w. Offenbar ist dies nur dann möglich, wenn die Wurzeln die organisirten Stoffe von den oberirdischen Pflanzentheilen zugeführt erhalten, da sie selbst ja keine organische Substanz zu produciren im Stande sind. Dies gilt aber nicht blos von der organischen Substanz, sondern auch von den Nährsalzen. Wenn Pflanzen in unzulänglichen oder sehr verdünnten Lösungen, z. B. im Hochquellenwasser der Stadt Wien, vegetiren, so bildet sich mit Hilfe der Reservestoffe im Samenkorne und mit Hilfe seiner Aschenbestandtheile, sowie der geringen mineralischen Nährstoffe des Wassers eine gewisse Anzahl von Blättern aus. Bald langt das Material nicht zur Ausbildung neuer Blätter. Tritt dieser Zeitpunkt ein, so sterben die unteren Blätter ab, und die Inhaltsstoffe dieser Blätter wandern aus und werden zur Bildung neuer Blätter verwendet,

die dann später auch wieder, indem sie ihre Nährstoffe hergeben, die Entstehung neuer Blätter ermöglichen.

Ad 2. Die wichtigsten Ablagerungsorte für die organischen Substanzen und die wichtigsten Salze sind die Früchte und Samen, daher alle Blätter ihren Tribut zu deren Ausbildung beitragen müssen; in dem Verhältnisse als der Inhalt der Samen und Früchte zunimmt, nimmt jener der Blätter und des Stengels ab. Die Ablagerungsorte können aber auch im Boden sich befinden, z. B. wenn die Pflanzen fleischige Wurzeln und Knollen bilden, wie bei Zuckerrüben und Kartoffeln. Da muss offenbar der grösste Theil der gebildeten Nähr- und Reservestoffe aus den Blättern abwärts sich bewegen. Bei der Runkelrübe insbesondere wird behufs Ablagerung von Rohrzucker in dem Parenchym der Wurzel Traubenzucker oder Glycose in grosser Menge verbraucht. Es bewegt sich daher der in den Blättern aus Stärke gebildete Traubenzucker abwärts gegen die Wurzel. Dadurch aber, dass in den Zellen der Wurzel die eingewanderte Glycose in Rohrzucker umgewandelt wird, die Glycoselösung also in ihrer Concentration abnimmt, während doch stetig neu gebildete Glycose in den Blättern die Concentration ihrer Lösung steigert, wird das moleculare Gleichgewicht der Lösung in der Pflanze gestört, die Wurzel wird zu einem Anziehungs-Centrum und veranlasst dauerndes Zuströmen von Traubenzucker unter fortwährender Umwandlung desselben in Rohrzucker, der mithin in stetig sich steigender Menge aufgespeichert wird. Dasselbe gilt, wenn in dem Samen eine Pflanze Stärke, Fett oder Cellulose aus dem eingewanderten Zucker gebildet wird.

Ad 3. Die Wanderung der organischen Verbindungen und der Salze von ihrem Ablagerungs- zum Verbrauchsorte kann man bei Keimpflanzen, die sich aus dem Samen entwickeln, am besten verfolgen. Damit der Stengel nach oben sich verlängern und Primordialblätter ausbilden könne, müssen Nährstoffe aus den Keimblättern oder dem Endosperm nach oben wandern, ein anderer Theil muss aber offenbar auch nach abwärts zur Ausbildung des Wurzelsystems geleitet werden. Dasselbe gilt, wenn sich aus einer Zwiebel der junge Stengel nach oben erhebt und nach abwärts zahlreiche Wurzeln sich ausbilden, wenn aus Kartoffelknollen neue Sprossen hervor-

wachsen und aus den Knotenpunkten derselben Adventivwurzeln ihren Ursprung nehmen.

Das Bild der Stoffwanderung sei an einem Beispiel und zwar am Keimling des Lupinensamens im Genaueren nachgewiesen. Im ruhenden Samen der Lupine findet sich bekanntlich Oel als stickstofffreies Reservematerial. Wenn das Keimen beginnt, ist das Würzelchen bald mit einer reichlichen Menge von Stärke erfüllt, die früher nicht vorhanden war. Bald ist die Stärke auch im hypocotylen Stengelgliede und im Stiele der Keimblätter nachweisbar. Während die Wurzel in die Länge wächst, verschwindet die Stärke in derselben zum Theil wieder, da sie als Baustoff für die Zellwände verwendet wird; neben ihr tritt dann Traubenzucker (Glycose) auf, der sich aus der Stärke bildet und das Material für die Cellulosewände vorstellt. In den Keimblättern findet sich zu jeder Zeit nur wenig Stärke und Traubenzucker da ja derselbe ununterbrochen zu den wachsenden Organen sich hinbewegt. In der wachsenden Achse ist der Zucker von den Keimblattstielen an durch das hypocotyle Glied bis in die Wurzel durch Rinde und Mark zu verfolgen; erst in der Nähe der Wurzel wird er spärlicher, in der Wurzelspitze selbst ist er wegen des sofortigen Verbrauchs nicht mehr nachzuweisen. Ebenso nimmt auch die in der Umgebung der Gefässbündel vorkommende Stärke gegen die Wurzelspitze hin ab. Hat die Wurzel etwa eine Länge von 10 Centimeter erreicht, so streckt sich auch der jugendliche Stengel unter Entfaltung seiner Blätteranlagen. Auch hier sind dann Stärke und Glycose in gleicher Weise wie im hypocotylen Gliede und der Wurzel bis kurz zum Vegetationskegel zu verfolgen, der Alles verbraucht. Von den Keimblättern bewegt sich nun der aus dem Fett entstandene Zucker sowohl nach abwärts in die Wurzel wie nach aufwärts in den Stengel in annähernd gleicher Stärke, während vorher der Hauptstrom der Nährstoffe nur abwärts in die energischer wachsenden Theile unterhalb der Keimblätter ging.

Die Richtung und Intensität der Stoffwanderung werden daher allein durch die Lage des Verbrauchs- oder Ablagerungsortes und die Grösse des Verbrauchs bestimmt. Sonach ist die Strömung der Baustoffe nach jeder Richtung, aufwärts, abwärts, seitlich u. s. w., möglich; es gilt dies nicht blos für die Bewegung der Nährstoffe im Stamm, sondern in jedem einzelnen

Pflanzentheil und jedem einzelnen noch frischen, lebendigen und wachsenden Zellengewebe.

Für den Transport der stickstoffhaltigen Körper (Proteïnsubstanzen) wird in den meisten Fällen der „Weichbast" als leitendes Gewebe betrachtet. Das ist derjenige Theil des Gefässbündels, welcher aus Bastparenchym, engen und sehr dünnwandigen Cambiformzellen und Siebröhren besteht. Dass in diesem Weichbaste die stickstoffhaltigen Verbindungen hauptsächlich nach abwärts befördert werden, lässt sich auch experimentell leicht nachweisen. Ringelt man abgeschnittene Weidenzweige an ihrem unteren Theile bis auf das Holz und stellt sie darauf in's Wasser, so treibt das obere Ende derselben nicht allein seine Knospen zu beblätterten Zweigen aus, sondern es entwickelt auch meist zahlreiche und kräftige Wurzeln, während das unter der Ringelung befindliche Stück des Zweiges zufällig vorhandene Knospen kümmerlich, Wurzeln gleichfalls nur spärlich oder gar nicht ausbildet. In diesem unteren Ende genügen offenbar die im Gewebe der Rinde und in den Markstrahlen des Holzes aufgespeicherten Stoffe zu bedeutenderen Neubildungen nicht. Aehnliche Ergebnisse zeigen sich, wenn Stämme oder Zweige ringförmig bis auf's Holz ihrer Rinde beraubt werden; es tritt ein bedeutend geringerer Zuwachs in der Dicke an dem unterhalb des Ringes gelegenen Stamm- oder Asttheile ein, weil eben die Zufuhr der stickstoffhaltigen Verbindungen von obenher unterbrochen ist.

Man darf übrigens nicht glauben, als würden im Weichbast nur stickstoffhaltige Körper befördert, vielmehr sind in den Zellen des Weichbastes immer auch stickstofffreie Verbindungen vorhanden. Die Arbeitstheilung ist sonach keine absolute, sondern eine relative, wie ja auch das Grundgewebe, Mark, Markstrahlen, Rindengewebe, nicht ausschliesslich zur Fortleitung der stickstofffreien Verbindungen dient, sondern auch die Wanderung stickstoffhaltiger Substanzen, wie des Asparagins, ermöglicht.

Ein übersichtliches Bild über die gesammte Stoffwanderung in den Pflanzen, sowohl bezüglich der organischen wie der anorganischen Bestandtheile hat Arendt für die Haferpflanze mittelst zahlreicher Analysen zusammenzustellen versucht und glaube ich hier die Hauptresultate kurz vorführen zu sollen.

Arendt hat den Hafer für seine analytischen Bestimmungen zu fünf verschiedenen Zeiten geerntet, und zwar:

1. Periode der Entwicklung, 10. Juni: die einzelne Pflanze war 0·3 Meter hoch
2. „ „ „ 30. „ „ „ „ „ 0·63 „ „
3. „ „ „ 10. Juli unmittelbar nach d. Blüthe 0·84 „ „
4. „ „ „ 21. „ bei beginnender Reife
5. „ „ „ 31. „ bei völliger Reife.

Es wurden nach Abschluss jeder Periode je 1000 Pflanzen ausgesucht und in folgende Theile zerlegt:

1. Aehrchen,
2. oberste Stengelglieder,
3. obere Blätter,
4. mittlere Stengelglieder,
5. untere Blätter,
6. untere Stengelglieder.

Im Ganzen mussten also 30 vollständige Analysen ausgeführt werden, bei welchen von organischen Bestandtheilen Holzfaser, Fett, N-freie und N-haltige Substanzen, ferner die Asche und die wichtigeren Aschenbestandtheile berücksichtigt wurden.

Die Verschiedenheiten, welche sich in der procentischen Zusammensetzung der ganzen Pflanze und ihrer einzelnen Theile in den verschiedenen Perioden ergeben haben, lassen sich in folgender Weise zusammenfassen.

1. Holzfaser.

Den höchsten Gehalt hat der Stengel und zwar der untere Theil zur Zeit des Schossens und der Blüthe, die mittleren und oberen Stengelglieder zeigen einen geringeren relativen Gehalt an Holzfaser, erst zur Zeit der Reife steigt er so hoch wie unten. Derselbe vermehrt sich allmälig von 33 bis auf 40% der Trockensubstanz.

Die Blätter haben weniger Holzfaser wie die Stengel, 22—38%; bis zur Blüthe ist der Holzfasergehalt in den oberen, später in den unteren Blättern relativ höher.

Die Aehrchen zeigen den geringsten relativen Gehalt und nimmt derselbe mit dem Alter ab, weil er von 27 bis auf 12% der Trockensubstanz herabsinkt.

Im Ganzen nimmt die Holzfaser nur bis zur Blüthenperiode zu und zwar wird die absolut grösste Menge in der zweiten Periode producirt. Setzt man die in der reifen Pflanze

befindliche absolute Menge = 100, so beträgt dieselbe in den verschiedenen Perioden, und zwar:

der 1. Periode 18
„ 2. „ 81
„ 3. „ 100
„ 4. „ 100
„ 5. „ 100

2. Fett, Chlorophyll und Wachs.

Die Stengel enthalten am wenigsten; der Gehalt steigt nach oben und mit dem Alter. Auffallend ist der hohe relative Gehalt der Blätter, besonders der unteren in der vierten Periode, wo sich bis 10% durch Aether ausziehen lassen. Der minimale Gehalt der Blätter beträgt 4·8%, um das $1\frac{1}{2}$fache mehr als derjenige der Stengel. In den Aehrchen ist nahezu so viel wie in dem obersten Stengeltheil. Berücksichtigt man den absoluten Gehalt der ganzen Pflanze, so wird der grösste Theil in der Zeit der Blüthe gebildet; denn wird der absolute Fettgehalt der ganzen Pflanze zur Zeit der Reife = 100 gesetzt, so ist er

in der 1. Periode = 20
„ „ 2. „ = 50
„ „ 3. „ = 85
„ „ 4. „ = 100
„ „ 5. „ = 100

3. Stickstofffreie Substanz (Stärke, Zucker etc.).

Dieselbe sinkt im Stengel bis zur Blüthe und steigt dann unbedeutend bis zur Reife, in den oberen Theilen mindert sie sich mit dem Alter schneller als in den mittleren. Die procentisch grösste Menge findet sich in den jungen unteren Stengelgliedern (57%), die kleinste in den oberen zur Zeit der Reife (43%); die Blätter zeigen durchaus weniger wie die Stengel. In den Aehrchen nimmt die relative und absolute Menge der stickstofffreien Substanz stetig und regelmässig zu.

Die absoluten Maxima an stickstofffreier Nährsubstanz producirt die Pflanze beim Schossen, das relative Maximum zur Zeit der Reife. Nimmt man die gesammte Menge an stickstofffreier Substanz zur Zeit der Reife = 100, so entfällt davon

auf die 1. Periode 15
„ „ 2. „ 47
„ „ 3. „ 70
„ „ 4. „ 92
„ „ 5. „ 100

4. Stickstoffhaltige Substanz.

Am stickstoffreichsten sind junge Pflanzen und der Gehalt nimmt mit der Reife ab; so zeigen:

	junge Pflanzen	alte Pflanzen
Stengel . . .	2·15% N.	0·79% N.
untere Blätter	2·34% „	1·43% „
obere Blätter	3·74% „	1·74% „

Die oberen Stengel zeigen ein allmäliges Steigen, die Aehrchen verhalten sich ähnlich. Dieselben stehen zwar anfänglich bis zur zweiten Periode hinter den Blättern, gelangen aber während der Reife auf den ersten Platz.

Setzt man wieder die stickstoffhaltige Substanz der reifen Pflanze = 100, so beträgt dieselbe

in der	1.	Periode	der	ganzen	Pflanze	27
„ „	2.	„	„	„	„	45
„ „	3.	„	„	„	„	52
„ „	4.	„	„	„	„	92
„ „	5.	„	„	„	„	100

woraus ersichtlich wird, dass die Zunahme der Proteïnsubstanz bis zur Reife andauert.

Asche und Aschenbestandtheile.

Die Aufnahme der Aschenbestandtheile erfolgt während des ganzen Wachsthums, doch nimmt sie gegen die Reife beträchtlich ab, denn setzt man ihre Menge für die reife Pflanze = 100, so beträgt selbe

in der	1.	Periode	29
„ „	2.	„	55
„ „	3.	„	79
„ „	4.	„	95
„ „	5.	„	100

Die oberen Theile der Halme sind aschenreicher als die unteren während des ganzen Wachsthums, dagegen sind die unteren Blätter aschenreicher als die oberen, diese reicher als die Aehrchen. Was aber die einzelnen Aschenbestandtheile anbelangt, so ist Folgendes zu bemerken:

1. Kieselsäure.

Die Stengel sind entschieden kieselsäureärmer als die Blätter. Der procentische Gehalt an Kieselsäure steigt von unten nach oben und mit dem Alter; in den Blättern steigt er regelmässig nur mit dem Alter, bis zur Blüthezeit nimmt er

von unten nach oben ab, dann aber zu. Wird der Kieselsäuregehalt der unteren Blätter = 10 angenommen, so ist er in den oberen Blättern

in der 1. Periode = 5
„ „ 2. „ = 6
„ „ 3. „ = 10
„ „ 4. „ = 11·4
„ „ 5. „ = 12·3

Die Asche der Aehrchen hat zwar mehr Kieselsäure als der Stengel, aber weniger als die Blätter.

Zwischen Kieselsäure und Holzfaser besteht kein constantes Verhältniss, denn die Stengel enthalten mehr Holzfaser und viel weniger Kieselsäure als die Blätter. Wenn sonach die Kieselsäure die Festigkeit der Halme bedingen möchte, würden schon geringe Mengen dazu ausreichen. Knop schreibt den Blattscheiden, die am kieselsäurereichsten sind, diese Aufgabe zu. Die absolute Zunahme an Kieselsäure in der Haferasche, wenn die Gesammtmenge zur Zeit der Reife = 100 gesetzt wird, beträgt

in der 1. Periode = 18
„ „ 2. „ = 41
„ „ 3. „ = 70
„ „ 4. „ = 93
„ „ 5. „ = 100

2. Schwefelsäure.

Die Halmasche ist im Allgemeinen sehr arm an Schwefelsäure, die Maxima reichen nur bis 1·1%; die Blattaschen sind an Schwefelsäure reicher und steigt der Gehalt der Asche bis 7%; die Aehrchen enthalten bis zur Blüthe fast keine Spur, bis zur Reife steigt die Zunahme des Schwefelsäuregehaltes ihrer Asche bis 5%. Die Ursache des Abweichens von bisherigen Resultaten liegt an den Untersuchungs-Methoden, indem bei früheren Bestimmungen durch Einäscherung nicht sämmtlicher Schwefel der Proteïnsubstanzen zu Schwefelsäure verbrannte. Die ganze Pflanze steigert den Schwefelsäuregehalt ihrer Asche nahezu in demselben Verhältnisse wie ihren Gehalt an stickstoffhaltigen Substanzen. Wird nämlich der gesammte Schwefelsäuregehalt in der Asche der reifen Pflanze = 100 gesetzt, so ist derselbe

in der 1. Periode = 20
„ „ 2. „ = 52

in der 3. Periode = 52
„ „ 4. „ = 90
„ „ 5. „ = 100

3. Phosphorsäure.

Der Phosphorsäuregehalt der Asche sinkt in den unteren Stengeln von 13 auf 3%; bei den mittleren steigt er von 7—10% und sinkt dann auf 1·4% herab; die oberen haben bis zur Blüthe 14%, bei der Reife nur 2%.

Die Asche der Blätter ist nie so reich an Phosphorsäure wie die der Stengel, im Anfang und wieder gegen die Reifezeit zu bedeutend ärmer. Bei den Aehrchen nimmt der Phosphorsäuregehalt stetig zu. Aus den von Arendt mitgetheilten Zahlen ergibt sich, dass sowohl die stickstoffhaltigen Substanzen wie die Phosphorsäure insoferne in einer physiologischen Beziehung stehen, als ohne Gegenwart einer gewissen Menge Phosphorsäure keine Proteïnbildung erfolgen kann. Diese Relation bleibt aber nicht beständig, das heisst in fertig gebildeten Pflanzentheilen sind sie unabhängig von einander und die Phosphorsäure kann in einem anderen Mengenverhältnisse auswandern wie die Proteïnsubstanz.

Von der Blüthezeit angefangen zieht sie aus fast allen Pflanzentheilen in erheblichen Mengen nach oben. Obere Blätter, untere, mittlere und obere Stengelglieder geben bis zu 80% von der bereits aufgenommenen Phosphorsäure ab, die sich dann im reifen Samen findet, den übrigen Pflanzentheilen aber lediglich entzogen wurde.

Es ist nicht undenkbar, dass sich die Phosphorsäure der Basen, Kali, Kalk und Magnesia, nur als Leiter bedient, um zu den Aehrchen zu gelangen, da Kalk und Kali zur Zeit der Reife aus diesen zum Theil wieder verschwinden.

Wird der Phosphorsäuregehalt der reifen Pflanze = 100 angenommen, so beträgt er

in der 1. Periode 23
„ „ 2. „ 42
„ „ 3. „ 73
„ „ 4. „ 91
„ „ 5. „ 100

4. Chlor.

Der Chlorgehalt der Blattaschen ist kleiner als der der Stengelaschen. Derselbe nimmt mit dem Alter in den Blättern

ab (von 4·7 auf 1·7% und von 7·1 auf 2·5%), in den unteren Stengeln von 11·6 auf 8·6%, steigt dagegen in den oberen Stengeln von 9·8—11·7% und von 3—7·5%. Die Aehrchenasche zeigt auch Schwankungen.

Das Chlor ist das Element, dessen Anwesenheit in der Pflanze Manche für zufällig halten; dass man über die Bedeutung dieses Körpers nicht in's Reine kommt, bewirken zum Theil die bedeutenden Abweichungen in fast allen bekannten Bestimmungen über den Chlorgehalt der Aschen.

5. Kali und Natron.

Am kalireichsten ist die Stengelasche. Von unten nach oben bemerkt man eine Abnahme. Blätter- und Aehrchenaschen sind ärmer an Kali, bei diesen zweien ist eine Abnahme mit dem Alter bemerkbar. Der Kaligehalt nimmt im Stengel beständig zu, die unteren Blätter werden kaliärmer gegen die vierte, die oberen gegen die fünfte Periode. Setzt man den Kaligehalt reifer Pflanzen = 100, so beträgt er

in der	1.	Periode	39
„ „	2.	„	70
„ „	3.	„	81
„ „	4.	„	100
„ „	5.	„	100

6. Kalk und Magnesia.

Blattaschen sind durchaus reicher an Kalk wie an Magnesia im Verhältniss wie 16:3, 16:2, 17:2; in den Stengeln ist dagegen das Verhältniss wie 1:1, 1:1·5, selten wie 2:1; bei den Aehrchen ist dasselbe der Fall, ja die Asche der reifen Körner hat sogar mehr Magnesia als Kalk. Eine regelmässige Kalkzunahme bemerkt man nur bei den oberen Blättern, eine regelmässige Magnesiazunahme nur bei den Aehrchen.

Setzt man den Gehalt des Kalkes und der Magnesia in der Asche = 100, so hat man

				Kalk	Magnesia
in der	1.	Periode	=	30	24
„ „	2.	„	=	58	42
„ „	3.	„	=	79	58
„ „	4.	„	=	99	84
„ „	5.	„	=	100	100

7. Eisenoxyd.

Ueber die Zunahme oder Abnahme des Eisenoxydes in den einzelnen Theilen der Pflanze ist als bemerkenswerth hervorzuheben, dass es in den unteren Theilen vorwiegt, oberseits nur Spuren sich zeigen. Es ginge daraus hervor, dass in die oberen Theile nur ein gewisses Quantum an Eisensalzen aufsteigt, dass aber später die Eisenverbindungen schon in den unteren Theilen den Pflanzensäften entzogen und abgelagert werden.

ACHTER ABSCHNITT.

Das Wachsthum.

Das Wachsthum äussert sich in einer bleibenden Gewichts- und Volumzunahme und theilweise auch Gestaltsveränderung der einzelnen Organe. Die erstere wird herbeigeführt durch die Zunahme der Trockensubstanz, herrührend von der neugebildeten organischen Substanz und dem Eintritt grösserer Mengen von Aschenbestandtheilen; die Volumzunahme aber erfolgt aus zweierlei Ursachen: in Folge der Vermehrung der Zellen und in Folge ihrer Vergrösserung.

An jedem Stengel, sowie an jeder Wurzel kann man drei durch besondere Wachsthumseigenthümlichkeiten ausgezeichnete Regionen unterscheiden: den Vegetationskegel, in welchem vorwiegend Zellbildung, dagegen eine sehr unmerkliche Volumenzunahme der neu entstandenen Zellen stattfindet; dann eine Region unter derselben, in welcher wenig oder keine neuen Zellen mehr entstehen, dagegen die vorhandenen Zellen sich bedeutend, namentlich in der Länge vergrössern — Region der Streckung; und endlich eine Region, welche als ausgewachsen angesehen werden kann, in welcher keine Streckung, wohl aber noch fortdauerndes Wachsthum stattfinden kann, indem die Zellenwände sich noch fortwährend verdicken. Dass diese drei Regionen nicht strenge abgegrenzt sind, sondern allmälige Uebergänge zeigen, ist wohl selbst erständlich.

Diese drei Regionen verhalten sich derart zu einander, dass jede Zone der stärksten Zelltheilung allmälig in das Stadium der Zellenstreckung und das dadurch hervorgerufene stärkste Längenwachsthum des Organes eintritt und aus diesem ebenso

allmälig in das Stadium des vollendeten Wachsthums übergeht. Sind die äusseren Verhältnisse, unter welchen das Wachsthum vor sich geht, constant oder nahezu constant, so zeigt sich, dass das Längenwachsthum jedes einzelnen Gliedes oder einer Zone desselben erst langsam beginnt, dann rascher wird, ein Maximum erreicht und sich wieder verlangsamt, um ganz still zu stehen. Diese Periodicität des Wachsthums wird, um sie von periodischen Schwankungen innerhalb kürzerer Zeiträume, z. B. eines Tages zu unterscheiden, als die grosse Periode bezeichnet. Um genaue Messungen auszuführen, hat man ein besonderes Instrument (Auxanometer) benützt, welches von Professor Wiesner in sinnreichster Weise wesentlich vervollkommnet worden ist und auf der Oberfläche einer durch ein Uhrwerk in gleichförmiger Drehung erhaltenen Walze die geringsten Streckungen graphisch darzustellen gestattet.

Theilt man ein in Streckung befindliches Internodium oder eine wachsende Wurzel durch Tuschstriche mit einem feinen Pinsel in mehrere Abschnitte von gleicher Länge, so ergibt sich bei Beobachtung des Wachsthums, dass jede der markirten Regionen zu einer bestimmten Zeit entweder erst zu wachsen beginnt oder im lebhafteren oder raschesten Wachsthume begriffen ist, oder eine geringe oder gar keine Längenzunahme mehr zeigt. So ermittelte z. B. Sachs, indem er das erste Internodium an einer Keimpflanze von *Phaseolus multiflorus* in 12 Theile von je 3·5 Millimeter Länge theilte, folgenden Zuwachs an den einzelnen Abschnitten in 40 Stunden:

Nr. der Querzone		Zuwachs in Millimetern	
Oben	1	2·0	
	2	2·5	
	3	4·5	
	4	6·5	Maximum
	5	5·5	
	6	3·0	
	7	1·8	
	8	1·0	
	9	1·0	
	10	0·5	
	11	0·5	
Unten	12	0·5	

Bei einer Keimwurzel von *Vicia faba*, die er von der Wurzelspitze aus nach rückwärts in Theile von 1 Millimeter

theilte, war der Zuwachs an den einzelnen Abschnitten in 24 Stunden:

Nr. der Querzone		Millimeter	
Oben	10	0·1	
	9	0·2	
	8	0·3	
	7	0·5	
	6	1·3	
	5	1·6	
	4	3·5	
	3	8·2	Maximum
	2	5·8	
Spitze	1	1·5	

Bei einem Versuche über das tägliche Längenwachsthum der Sonnenblumenstengel im Versuchsgarten der Hochschule für Bodencultur wurde täglich vom 21. Juni bis 18. Juli an mehreren Stengeln vom Kopfpunkt eines Pflöckchens an, das neben den Pflanzen in den Boden eingetrieben wurde, die Länge der Stengel bis zum Gipfel gemessen. Die mittlere Länge der fünf Pflanzen, an welchen die Messungen täglich zur selben Zeit vorgenommen worden sind, war 507·5 Millimeter.

Der tägliche durchschnittliche Längenzuwachs der Stengel aller fünf Pflanzen betrug:

		Millimeter	Minimum der Temperatur in Graden nach Celsius	Maximum			
am	22. Juni	30	16·6	28·0			
„	23. „	35	17·9	23·9			
„	24. „	30	16·7	20·8			
„	25. „	35	13·0	21·0			
„	26. „	30	11·5	21·8	17·7	Millimeter	Regen
„	27. „	45	13·5	23·8			
„	28. „	50	16·2	25·2	2·8	„	„
„	29. „	50	14·5	20·8			
„	30. „	45	13·0	23·5			
„	1. Juli	50	14·4	27·8			
„	2. „	56	17·5	28·0	6·7	„	„
„	3. „	65 Maximum	20·0	26·5			
„	4. „	54	14·5	22·0	7·97	„	„
„	5. „	50	12·2	26·2	1·6	„	„
„	6. „	46	16·8	26·5			
„	7. „	54	19·0	24·0			
„	8. „	55	14·8	17·8	0·37	„	„
„	9. „	44	12·0	19·0	0·49	„	„
„	10. „	40	12·2	18·0			
„	11. „	40	14·8	22·3	7·22	„	„
„	12. „	38	14·8	25·8			

		Millimeter	Minimum der Temperatur in Graden nach Celsius	Maximum		
am	13. Juli	39	15·2	27·5		
„	14. „	38	15·4	27·0		
„	15. „	45	18·2	28·6		
„	16. „	40	19·0	22·0		
„	17. „	35	15·5	24·9		
„	18. „	30	14·9	24·0	3·3	Millimeter Regen

Im Ganzen erfolgte alo ein durchschnittlicher Längenzuwachs um nicht weniger als 1169 Millimeter, daher durchschnittlich pro Tag um 43·3 Millimeter. Dieses durchschnittliche Wachsthum trat ein am 26. Juni und 9. Juli, in der Zwischenzeit liegen die Maxima. Das Maximum fiel auf den 3. Juli mit 65 Millimeter. Zu Anfang und zu Ende des Versuches betrug das Längenwachsthum pro Tag nur 30 Millimeter. Die grosse Periode des Wachsthums ist also deutlich ausgesprochen.

Bei der Streckung bewirkten die äusseren Bedingungen, die Wärme, die Beleuchtung, die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens mancherlei Störungen, so dass keine gleichförmige Ab- und Zunahme ersichtlich wird. Der Einfluss der Wärme ist nicht zu verkennen. Wären alle übrigen Bedingungen gleich und nur die Wärme verschieden, so würde das Längenwachsthum bei einer bestimmten Temperatur, dem Minimum, beginnen, bei einem Maximum aufhören, bei einem Optimum am raschesten vor sich gehen. So ergab sich für die Keimwurzel der Maispflanze während 96 Stunden:

	bei	17·1	Grad	C.	eine	Wurzellänge	von	2.5	Millimeter
	„	26·2	„	„	„	„	„	24 5	„
	„	33·2	„	„	„	„	„	39·0	„
Optimum	„	34·0	„	„	„	„	„	55·0	„ Maximum
	„	38·0	„	„	„	„	„	25·2	„
	„	42·0	„	„	„	„	„	5·9	„

daher auch hier wie beim Keimen das Optimum nahe an das Maximum gerückt erscheint.

Man darf nicht glauben, als würde die Streckung nur bei Tag erfolgen; nachdem zur selben kein Licht erforderlich ist, wird dieselbe auch in der Nacht vor sich gehen.

Weil aber die verschiedenen äusseren Bedingungen, Licht, Wärme und Luft- und Bodenfeuchtigkeit, von welchen das Längenwachsthum abhängig ist, am Tage andere Combinationen zeigen als bei Nacht, so wird sich auch eine von diesen beiden Haupt-Tageszeiten abhängige Periodicität des Längenwachsthums geltend machen, wobei aber nicht gesagt werden kann, dass die

Beschleunigung des Wachsthums stets am Tage oder bei Nacht erfolge. — Durch Versuche ist erwiesen worden, dass das Licht an und für sich das Längenwachsthum verlangsamt. In dieser Hinsicht ist also die Nacht von günstigerem Einflusse als der Tag. Nachts wird auch die psychometrische Differenz geringer, das heisst die Luft relativ feuchter, was gleichfalls das Wachsthum beschleunigt. Dafür herrscht am Tage gewöhnlich eine weit grössere Wärme als bei Nacht, welche den Einfluss des Lichtes und der geringeren Luftfeuchtigkeit leicht paralysirt. Warme, trübe und feuchte Tage werden also das Längenwachsthum am meisten beschleunigen, sonnige, aber kühle Tage dasselbe am meisten verlangsamen. — Nach dem Gesagten ist leicht einzusehen, dass je nach Umständen bald der Tag, bald die Nacht das Längenwachsthum mehr beschleunigen wird.

Bei constanter Feuchtigkeit und möglichst geringen Schwankungen der Temperatur tritt vor Sonnenaufgang ein Maximum des Wachsthums ein; letzteres verringert sich im Laufe des Tages, bis kurz vor Sonnenuntergang ein Minimum erreicht ist, worauf es sich im Verlauf der Nacht wieder zum Maximum erhebt. Eine geringe Steigerung erfährt die Wachsthumscurve im Verlaufe des Nachmittags in Folge der höheren Temperatur, deren Einfluss dann jenen des hemmenden Lichtes überwiegt.

Die Erscheinung des Etiolements ist schon früher auf das mangelnde Licht bezogen worden. Wir haben hervorgehoben, dass hiebei eine ungewöhnliche Streckung der Internodien statthat, während bei Lichtwirkung die Stengelglieder kürzer bleiben, und dass hiedurch der ganze Habitus der Pflanze verändert werde. Man kann sich diese abnorme Verlängerung des Stengels so erklären, dass Rinde, Bast und Holz gewissermassen auf einer jüngeren Entwicklungsstufe beharren, insoferne in ihnen die Verdickung, Verholzung und Cuticularisirung der Zellmembranen unterbleibt oder nur in sehr geringem Grade stattfindet. Da aber gleichzeitig das Mark im Wachsthum begünstigt wird, da seine Zellen sich bedeutender verlängern, und von den sehr dehnsamen Holz-, Bast- und Rindenzellen, die keine hinreichende Festigkeit erlangt haben, nur ein geringer Widerstand der Dehnung entgegengesetzt wird, so tritt eine Ueberverlängerung auch der Holz- und Rindenzellen ein, worin eben der Charakter des Etiolements besteht. Auch die langen schmalen

Blätter der Monocotyledonen, insbesonders der Gräser, verhalten sich ähnlich wie die Stengel.

Auch der positive Heliotropismus ist auf die wachsthumshemmende Wirkung des Lichtes zurückzuführen; nachdem die stärker beleuchtete Seite eines Stengels oder die stärker beleuchtete Seite eines Blattstieles langsamer wächst als die vom Lichte abgewendete Seite, muss sich der Stengel und das Blatt dem Licht entgegenkrümmen und der Stengel und der Blattstiel auf der Lichtseite concav, auf der anderen convex erscheinen. Daher kommt es, dass, wenn Pflanzen künstlich einseitig beleuchtet werden, ihre Stengel von ihrer ursprünglichen positiv geotropischen Richtung mehr weniger abgelenkt werden.

Die Wachsthums-Erscheinungen bestehen aber auch in einer Gewichtszunahme und kann dies durch Ermittlung des Frisch- und des Trockengewichtes bestimmt werden. Das Frischgewicht gibt wegen des wechselnden Wassergehaltes kein klares Bild; vom Wassergehalt kann man aber doch im Allgemeinen sagen, dass er mit dem Alter der Pflanzen abnimmt.

Trockengewichts-Bestimmungen für drei Maissorten, vorgenommen in Poppelsdorf im Jahre 1875.

Zeitangabe	Früher badisch. Mais		Ungarischer Mais		Amerik. Pferdezahn-Mais	
	Gewicht der Trocken-substanz für eine Pflanze in Grammen	Ober-fläche per Pflanze in Quadrat-Centi-meter	Gewicht der Trocken-substanz für eine Pflanze in Grammen	Ober-fläche per Pflanze in Quadrat-Centi-meter	Gewicht der Trocken-Substanz für eine Pflanze in Grammen	Ober-fläche per Pflanze in Quadrat-Centi-meter
Am 1. Juni .	0·26	33·25	0·267	31	0·284	36·15
„ 8. „ . .	0·55	97·8	0·61	118·9	0·517	77·85
„ 15. „ .	1·07	181·1	1·11	190·2	1·02	176·7
„ 23. „ . .	2·45	405·1	2·14	393·2	1·77	334·8
„ 30. „ . .	4·78	889·1	4·21	807·0	3·82	730·0
„ 7. Juli . .	11·08	1543·5	12·1	2109·3	9·06	1686·1
„ 13. „ . .	23·78	2645·8	23·24	3029·6	17·3	2578·0
„ 21. „ . .	43·84	3632·9	44·48	4328·7	29·7	3984·4
„ 27. „ . .	56·0	3291·1	70·46	5635·3	55·0	6274·3
„ 3. August	72·88	3617·1	104·98	5826·5	74·0	6621·6
„ 10. „ .	76·62	3630·3	92·85	4975·0	130·4	8452·9
„ 17. „ .	84·33	2933·3	128·3	4894·3	154·6	8822·8
„ 24. „ .	89·62	2696·0	199·6	3454·0	173·18	8257·7
„ 31. „ .	100·38	2907·0	150·9	4807·7	210·37	7090·0
„ 7. Sept. .	130·48	2986·0	213·5	5204·0	245·09	9200·0
„ 15. „ .	158·14	2335·0	144·5	2738·0	225·99	5838·0
„ 21. „ .	128·48	2360·0	142·5	3096·0	203·69	7071·0
„ 28. „ .	138·80	2137·0	128·3	2372·0	267·81	5610·0
„ 5. October	137·24	1778·0	128·7	2260·0	248·19	5059·0
„ 12. „	129·34	1248·0	113·3	1607.0	.	.

Trockengewichts-Bestimmungen, vorgenommen in Poppelsdorf mit zwei Maissorten im Jahre 1876.

Zeitangabe	Hühner-Mais			Früher badischer Mais		
	Mittleres Trockengewicht für eine Pflanze in Grammen	Procent. Trockengehalt	Oberfläche einer Pflanze in Quadrat-Centim.	Mittleres Trockengewicht für eine Pflanze in Grammen	Procent. Trockengehalt	Oberfläche einer Pflanze in Quadrat-Centim.
Am 24. Mai . .	0·126	.	.	0·317	.	.
„ 31. „ . .	0·123		16·0	0·272	.	16·8
„ 7. Juni . .	0·127	.	30·8	0·291	.	38·0
„ 14. „ . .	0·194	12·78	51·2	0·364	11·71	82·8
„ 21. „ . .	0·394	11·64	144·4	0·567	10·42	184·0
„ 28. „ . .	1·103	10·93	390·6	2·073	10·62	701·6
„ 5. Juli . .	2·966		1048·6	5·655	.	1.974·0
„ 12. „ . .	7·490	13·20	1859·6	11·151	9·28	3.589·0
„ 19. „ . .	15·373	11·44	2313·8	30·265	9·50	6.545·2
„ 26. „ . .	21·319	10·55	2759·8	58·609	9·79	9.919·6
„ 2. August	43·131	12·95	3622·0	106·908	12·10	12.393·4
„ 9. „ .	53·195	17·02	3485·4	131·169	14·43	11.061·4
„ 16. „ .	79·631	22·27	4391·4	207·373	17·11	13.333·4
„ 23. „ .	82·304	22·79	3767·0	204·436	17·14	12.402·8
„ 30. „ .	.			202·168	.	8.462·8

Bemerkungen.

1. Zur Bestimmung der Trockensubstanz der Pflanze wurden in jeder Woche Anfangs 40, dann 24 Pflanzen entnommen.

2. Zur Ermittlung des procentischen Trockengehalts wurde jedesmal gleichfalls eine Mehrzahl von Pflanzen benützt.

3. Behufs Ermittlung der assimilirenden Blattoberflächen wurden anfänglich alle geernteten Exemplare gemessen, später nur die Hälfte derselben.

Man kann aus diesen Zahlen folgern:

a) Dass mit der plötzlichen Steigerung der Blattoberfläche auch die Erzeugung der Trockensubstanz gleichen Schritt hält.

b) Dass eine grosse Periode der Trockensubstanzvermehrung eintritt, welche Anfang Juli beginnt und bis über Mitte August andauert.

c) Dass gleiche Blattoberflächen bei verschiedenen Maissorten ziemlich gleiche Mengen Trockensubstanz producirten.

d) Dass der Gehalt an Trockensubstanz Schwankungen ausgesetzt ist, welche wohl zumeist durch die Feuchtigkeit des Bodens bedingt sind, im Allgemeinen aber doch eine Verminderung des Wassergehaltes mit zunehmendem Alter der Pflanzen wahrzunehmen ist.

Aus Versuchen, welche E. Wildt an der Versuchsstation in Kuschen über die Zunahme der Trockensubstanz in einer Pflanze vornahm, ergibt sich, dass dieselbe ziemlich regelmässig zunimmt, der Wassergehalt aber in fast stetiger Abnahme ist. Inwiefern durch die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens der Wassergehalt Schwankungen ausgesetzt ist, dies ist schwer zu ermitteln, weil man immer neue Bestimmungen mit neuen

Pflanzen vornehmen muss und nicht an einer und derselben Pflanze der wechselnde Wassergehalt zu verschiedenen Zeiten nachgewiesen werden kann.

E. Wildt erhielt folgenden Gehalt an Trockensubstanz in Procenten:

	Rothklee	Kartoffeln		Mais
		Kraut	Knollen	
5. Juni	13·61	9·60	.	14·86
12. „	13·68	8·71	.	11·26
19. „	14·41	7·24	.	11·31
26. „		10·07	.	11·76
3. Juli	14·38	10·88	.	11·32
10. „	15·11	10·69	12·70	10·96
17. „	17·60	11·90	15·03	13·45
24. „	19·02	12·29	19·13	15·01
31. „	20·14	13·93	20·79	16·32
7. August	21·20	13·43	21·04	17·92
14. „	21·37	14·51	22·16	17·84
21. „	19·24	16·54	22·40	17·88
28. „	20·20	17·30	23·25	23·02
4. September . . .	19·94	.	.	22·58

Als eine interessante Thatsache verdient hervorgehoben zu werden, dass für denselben Boden die Erträge an Trockensubstanz nahezu gleich bleiben, mag die Culturpflanze Weizen, Roggen, Gerste oder Hafer oder auch eine sonstige Culturpflanze sein. So wurden beispielsweise, um den Ertrag von Körnern zu vergleichen, und zwar für Weizen und Hafer, nach Daten, welche von Professor Hecke veröffentlicht worden sind, durchschnittlich per Hektar producirt:

		Weizen in Hektolitern	Hafer in Hektolitern
auf dem Gute Törning in Schleswig . von	1851—1876	20·92	35·65
„ „ „ Tellow in Mecklenburg „	1850—1874	22·74	38·07
„ „ „ Grottau in Böhmen . „	1861—1875	30·44	47·27
„ „ „ Kasimir in Ungarn . . „	1851—1875	19·35	31·43

Reducirt man der besseren Vergleichbarkeit halber die Hektoliter-Angaben in Kilogramm, wobei man das Durchschnittsgewicht für Hafer mit 45 Kilogramm, für Weizen mit 77 Kilogramm annimmt, so erhält man:

	Weizenernte in Kilogramm	Haferernte in Kilogramm
für das Gut Törning	1611	1604
„ „ „ Tellow	1751	1713
„ „ „ Grottau	2344	2127
„ „ „ Kasimir	1490	1414

Ein ähnliches Ergebniss erhält man aber auch bei der Vergleichung der Ernten an Trockensubstanz, die in demselben Jahrgang unter den gleichen Verhältnissen von einer bestimmten Fläche geerntet werden. Bei einem Versuch im Garten d. H. f. B. in diesem Jahre, wo der Einfluss verschiedener Saatdichte geprüft werden sollte, erntete man von 1 Quadratmeter

	Winterweizen	Winterroggen	Wintergerste
bei einem Wachsr. der Pflanzen von 25 □Cent.	2154·5 Gr.	1972·1	2006·0
„ „ „ „ „ „ 100 □Cent.	1530·5	1597·0	1632·0
„ „ „ „ „ „ 255 □Cent.	1255·5	1127·0	1145·0

wobei die gesammte Trockensubstanz der Stengel, Blätter, Körner und Wurzeln gerechnet worden ist.

Auf den Gesammtzuwachs an Trockensubstanz nimmt demnach Einfluss: die Beschaffenheit des Bodens und seine Fruchtbarkeit, die Dichte der Aussaat, Wärme, Insolation und Niederschläge; dieselbe wird also in den verschiedenen Jahrgängen sehr bedeutend variiren können, aber in demselben Jahrgange auf dem gleichen Boden, unter denselben Verhältnissen wird von den meisten einjährigen Pflanzen ein gleichgrosser Ertrag zu erwarten sein. Solche Pflanzen, welche eine längere Vegetationszeit besitzen, sind natürlich im Vortheil und geben einen höheren Ertrag.

Hier ist auch der Spannungszustände zu gedenken, in welche die verschiedenen Gewebe hauptsächlich durch Turgor, Imbibition und Volumen- oder Gestaltsveränderung versetzt werden.

Der Turgor wird durch den Druck des Zellinhaltes auf die Zellmembran hervorgerufen; nach der Grösse desselben ist die Zelle schlaff oder prall gespannt. Im letzteren Falle kann selbst ein Platzen eintreten, was namentlich an jungen Hyphen von Schimmel- und Mucorpilzen sehr schön wahrgenommen werden kann, wenn sie in einen Wassertropfen gelangen; oder es wird ein Theil des wässerigen Inhaltes herausgepresst oder es kann vorkommen, dass in Folge der verschiedenen Beschaffenheit der Zellmembran selbst die Form der Zelle geändert wird.

Der Turgor ganzer Gewebe aus gleichartigen Zellen zeigt die gleichen Erscheinungen; welke Rübenschnitte sind schlaff und biegsam, ebenso Markcylinder aus Hollunderzweigen. Haben diese Pflanzentheile aber Wasser aufgenommen, dann werden

sie straff, steif, vergrössern zugleich ihr Volumen nach allen Richtungen. Aehnliche Erscheinungen treten beim Welken der Stengel und Blätter ein. Die Spitze des Stengels hängt schlaff herab, was auch bei den Blättern der Fall ist, die überdies noch Falten und Runzeln bekommen, oder sich, wie bei den Gräsern, vom Rande her einrollen. Wird ein Pflanzentheil in's Wasser gelegt, welcher aus verschiedenartigen Zellschichten besteht, die ungleiche Wassermengen aufnehmen und sich daher ungleichartig ausdehnen, so entstehen mannigfaltige Krümmungen desselben. Wenn beispielsweise die Blüthenschäfte von *Taraxacum officinale* (Löwenzahn) gespalten und in's Wasser gelegt werden, so krümmen sie sich sehr stark, rollen sich spiralig oder schraubenförmig zusammen, weil die Aussenseite weniger turgescirt, die Innenfläche aber, an welcher das Mark sich befindet, stärker anquillt, daher der convexen Seite zugewendet ist.

Umgekehrt hat natürlich auch einseitiger Wasserverlust Spannungen zur Folge, die namentlich bei Kapselfrüchten, Antheren, Sporangien thätig sind und ein Aufspringen derselben sowie ein Ausschleudern der Samen oder des Blüthenstaubes zur Folge haben. Auch beim Austrocknen des Holzes machen sich solche Spannungen in um so höherem Grade geltend, je rascher das Austrocknen erfolgt und je stärker der Grad der Austrocknung ist. Das Holz wird rissig und können diese Risse entweder vorherrschend in radialer oder tangentialer Richtung auftreten.

In den Stengeln, namentlich krautartiger oder auch jüngerer holzartiger Gewächse ist eine Längsspannung parallel zur Längsaxe des Stengels deutlich ausgesprochen. Wenn man aus einem nicht verholzten Internodium eine das Mark umfassende Mittellamelle der Länge nach herausschneidet und dieselbe durch trennende Längsschnitte in die einzelnen Gewebsschichten zerlegt und dieselben misst, so zeigt das Mark die grösste, die Epidermis oder Rinde die geringste Länge.

Das Mark, welches sich über die Länge des Internodiums auszudehnen strebt, aber durch die Gefässbündel und die Rinde daran verhindert wird, ist positiv oder activ gespannt, Holz oder Rinde werden vom Marke negativ oder passiv gespannt, d. h. über ihre Länge hinaus gedehnt (Sachs).

Die Intensität dieser Spannung wird durch das Alter des Internodiums bestimmt und nimmt mit dem Alter immer mehr ab. Das Mark verliert die Fähigkeit, in die Länge zu wachsen, dagegen behalten die Rinde und Epidermis die Dehnbarkeit weit länger.

Aber auch Querspannungen treten im Stengel auf, und ist die Ursache derselben das Dickenwachsthum des Stammes. Wenn an einer Stammscheibe die Rinde abgelöst und wieder an den Holzkörper angepasst wird, so passen die Ränder nicht mehr zusammen, vielmehr entsteht zwischen den Rindenschnittflächen ein klaffender Spalt. Das gilt auch für die nächsten concentrischen nach innen liegenden Schichten, die äusseren sind immer im Vergleich zu den nächst folgenden inneren negativ gespannt. Die inneren Schichten werden von den äusseren in radialer Richtung gedrückt, die äusseren von den inneren in tangentialer Richtung gedehnt.

Je stärker die inneren Schichten bei Holzstämmen, welche hauptsächlich aus Holzzellen bestehen, mit Wasser imbibirt sind, was namentlich im Winter der Fall ist, um so grösser ist die negative Spannung der Rinde, umso stärker der radial wirkende Druck derselben und erfolgt in solchem Falle häufig ein Zerreissen des Korkes oder der Borke mittelst Längsrissen, welche sich mit zunehmendem Dickenwachsthum des Stammes immer mehr vertiefen. Diese Spannung wird im Winter noch dadurch erhöht, dass in demselben Kork oder Borke am trockensten sind. Wenn im Frühjahr die Rinde wieder zu quellen beginnt, so wird die Spannung zwischen Rinde und Holz wieder vermindert und das Cambium kann seine Thätigkeit wieder entwickeln.

Die Querspannung ist nicht in allen Höhen des Stammes und der Aeste die gleiche; sie nimmt von der Spitze nach abwärts zu, erreicht in der Mitte das Maximum, um von hier aus im unteren Stammtheil wieder zu sinken. Auch täglichen Schwankungen ist sie unterworfen. Vom Morgen bis in die ersten Nachmittagsstunden nimmt sie ab und steigt von da bis zum Abend und bis in die frühen Morgenstunden. Das Maximum der Spannung fällt in die Morgenstunden. Die Ursache dieser Periodicität ist in den täglichen Schwankungen des Wassergehaltes der Stämme zu suchen, welche wieder auf die gesteigerte oder verminderte Transspiration zurückzuführen sind.

NEUNTER ABSCHNITT.

Das Altern der Pflanze und ihr Tod.

Man ist geneigt anzunehmen, dass kurz- und langlebige Pflanzen vor ihrer Blüthezeit und Reife nur dann zu Grunde gehen, wenn sie entweder von schädlichen Insecten vernichtet oder von Pflanzenparasiten befallen werden, oder wenn tödtende Einflüsse seitens extremer Boden- und Witterungsverhältnisse sich geltend machen. Eine aus innerer Ursache herrührende Sterblichkeit der Pflanzen vor ihrer völligen Entwicklung schien wenig wahrscheinlich. Allerdings wies die Analogie mit thierischen Organismen darauf hin; allein der unvergleichlich einfachere Bau der Pflanzen liess eine Vergleichung in dieser Richtung kaum zu; auch fehlte es fast gänzlich an exacten Versuchen, welche zur Aufhellung der Frage irgend beigetragen hätten. So fasste man Alles, was ein vorzeitiges Absterben der Pflanzen herbeiführen möchte, unter jenen Erscheinungen zusammen, welche ihren Kampf um's Dasein begleiten; dass sie häufig den Keim des Todes schon als Embryonen mit sich führen und dass namentlich unter jungen Pflanzen eine ganz beträchtliche Sterblichkeit herrsche, daran dachte man nicht, weil eben keinerlei genauere Erfahrungen vorlagen.

A. Hosaeus machte hierüber die ersten Mittheilungen. Er unternahm durch 8 Jahre (1866 bis 1873) unter Einflussnahme der verschiedensten Witterungsverhältnisse vergleichende Anbauversuche mit Weizen und Roggen. Die Körner, welche er hiezu verwendete, erntete er in vier verschiedenen Reifestadien, und zwar:

a) vollkommen unreif mit milchigem Inhalt;
b) noth- oder gelbreif mit noch weichem Kerne;
c) reif, mit bereits fest gewordenem Endosperm;
d) todt oder überreif, wie solche Körner durch freiwilligen Ausfall gewonnen werden.

Durch 8 Jahre wurden je 100 solcher Körner auf 1 Quadratmeter grosse Gartenbeete ausgesäet und aus den zahlreichen Beobachtungen folgende Ergebnisse abgeleitet.

1. Die Qualität der Pflanzen ist unabhängig von der Qualität des verwendeten Saatgutes und besonders von den Reifezuständen desselben.

2. Die Sterblichkeit der Pflanzen aus unreifen Früchten ist ungleich grösser als bei denjenigen aus reifen. Von den zur Aussaat verwendeten reifen Körnern sind im ungünstigsten Jahre 45 bis 85% bei dem Roggen, 34 bis 85% bei dem Weizen verloren gegangen. Im günstigsten Jahre der ganzen Beobachtungszeit betrug die Sterblichkeit beim Roggen 8 bis 14%, bei dem Weizen 2 bis 8%.

3. Die Witterungsverhältnisse und die Bodenbeschaffenheit üben auf die Sterblichkeit der Pflanzen einen massgebenden Einfluss aus und überwiegen denjenigen des Saatgutes. Von reifen Roggenkörnern entwickelten sich im ungünstigsten Jahre 19, im günstigsten 97%.

Man könnte solche Versuche noch in anderer Weise vorbereiten und ausführen. Man kann von derselben Samenprobe die specifisch leichten, und schweren, die grössten und kleinsten, die absolut schwersten und leichtesten gesondert anbauen; auch ist es möglich, die Keimlinge derselben Samenprobe nach dem Zeitpunkt der erfolgten Keimung fractionsweise auszusäen.

Obwohl über den Einfluss des Saatgutes auf Menge und Güte der Ernte schon sehr zahlreiche Anbauversuche vorgenommen wurden und hiebei auch die Grösse und Schwere der Samen in Berücksichtigung gezogen worden ist, so hat man doch versäumt, bei solchen Aussaaten und ihren Ergebnissen die Zahl der ausgesäeten Samen und der geernteten Pflanzen zu vergleichen, vielmehr beschränkte man sich darauf, die Grösse der Ernte durch das Gewicht auszudrücken. Sonach werden erst noch Versuche auszuführen sein, welche den Einfluss des grösseren oder geringeren Vorrathes an Reservestoffen im Samen auf die Sterblichkeit der entwickelten Pflanzen nachzuweisen haben, wobei wohl zu erwarten steht, dass grössere und schwerere Samen bei gleicher Keimkraft Pflanzen hervorbringen, deren Sterblichkeitsprocente sich günstiger herausstellen.

In der zweiten Richtung, ob Keimlinge derselben Samenprobe, nach dem Zeitpunkt der Keimung fractionsweise ausgesäet, in gleichem Masse der Sterblichkeit unterworfen sind oder nicht, unternahm ich im Versuchsgarten d. H. f. B. einige Anbauversuche mit Hanf, von welchen der erste im Herbst 1876, die beiden anderen im Frühjahr 1877 vorgenommen worden sind. Jedesmal liess man von derselben Hanfsamenprobe soviel

Körner zwischen feuchten Flanell-Lappen ankeimen, dass auf 1000 Keimlinge gerechnet werden konnte. Nun vertheilte sich der Eintritt des Keimungsactes, welcher durch das Sichtbarwerden der Würzelchen bezeichnet war, auf 4 bis 5 Tage; an jedem wurde die Zahl der Keimlinge gesondert ausgelegt und dafür gesorgt, dass die Beete, auf welchen die Saat erfolgte, bis zum Sichtbarwerden der Pflänzchen an ihrer Oberfläche nicht mehr abtrockneten. Man erreichte diese Absicht theils durch vorsichtiges Begiessen, theils durch Beschattung der Beete mit Reisig. Zur Zeit, als die Pflänzchen 1 Decimeter hoch herangewachsen waren, wurden sie gezählt, wobei folgende Resultate erhalten wurden:

	Sterblichkeit der Keimlinge in Procenten					
	vom 1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	im Ganzen
1. Versuch vom 15. Sept. 1876	21·6	70·9	100	100	—	57·4
2. „ „ 24. April 1877	19·8	67·5	96·9	100	100	52·4
3. „ „ 1. Juni 1877	13·27	27·6	63.8	70·5	100	28·2

Diese Zahlen beweisen zur Genüge die obige Voraussetzung; sie lassen aber auch erkennen, dass Witterungsverhältnisse auf die Sterblichkeit der Pflanzen einen massgebenden Einfluss ausüben. Denn beim Auslegen von 1000 Hanfkeimlingen vom 1. bis 5. Juni starben im Ganzen nur 282, bei den beiden anderen Saaten dagegen 524 und 574. Insoferne befinden sich daher diese Versuchsresultate in Uebereinstimmung mit jenen, welche Hosaeus im Punkt 3 anführt; wenn derselbe aber hinzufügt, dass der Einfluss, den Witterungs- oder Bodenverhältnisse auf die Sterblichkeit der Pflanzen nehmen, denjenigen des Saatgutes überwiege, so widersprechen dem die obigen Zahlen, indem von den Keimlingen des ersten Tages bei allen drei Versuchen 13·27 bis 21·6%, von jenen der letzten Tage aber durchgehends 100% zu Grunde gegangen sind.

Diese Ergebnisse haben offenbar auch für den praktischen Landwirth ein höheres Interesse; sie zeigen, dass ein Saatgut geringer Keimfähigkeit nicht nur deshalb von geringem Werthe ist, weil auf weniger Keimpflanzen gerechnet werden kann, sondern auch deshalb, weil von den aufgelaufenen Pflänzchen immer noch ein ansehnlicher Theil zu Grunde geht. Aber auch sonst führen diese Resultate den Pflanzenbauer zu dem naheliegenden Schluss, dass man sich bei Aussaaten im kleinen Massstabe recht wohl des Selectionsmittels bedienen kann,

welches darin besteht, dass man nicht die Samen, sondern die ersten und kräftigsten der erzogenen Keimlinge auslegt. Es wird sich dieses Verfahren nicht bei Aussaaten im grossen Massstabe, wohl aber bei kleinen Versuchen im Garten und auf Versuchsfeldern anwenden lassen.

Bei einjährigen Pflanzen erfolgt der Tod oder das Absterben nach erfolgter Reife deshalb, weil sich aus allen vegetativen Theilen der Pflanze sämmtliche oder fast sämmtliche Reservestoffe in den Früchten und Samen concentrirten, daher Neubildungen in der Zukunft nur von den Samen auszugehen vermögen. Die Menge der organischen Substanz, welche im Laufe des Vegetationsjahres gebildet wird, reicht eben nur aus, um die Samen versorgen zu können; unter günstigeren Verhältnissen, wie solche in südlicheren Ländern vorkommen, ist es möglich, dass auch in den vegetativen Organen derselben Pflanzenarten Nährstoffe genug auch zur Zeit der Reife vorhanden sind, dass von diesen aus wieder Neubildungen möglich sind; Pflanzen, welche daher bei uns einjährige Pflanzen sind, können unter einem milderen Himmel mehrjährige werden. Ich habe bereits bemerkt, dass, wenn man einjährige Pflanzen nicht zur Samen- und Fruchtbildung kommen, oder mit anderen Worten, sich nicht erschöpfen lässt, solche auch mehrjährige werden können, vorausgesetzt, dass sie den Winterfrost zu überstehen vermögen oder an geschützten Orten, in Gewächshäusern, überwintern.

Die zweijährigen Gewächse, von welchen unter unseren Culturpflanzen die Wintergetreide-Arten, der Winterraps und verschiedene Brassica-Arten, die Runkelrüben, Möhren, Weberkarden und andere zu nennen wären, erreichen im ersten Jahre nur ein gewisses Stadium der Entwicklung der vegetativen Organe, in welchem sie in ihren Stengeln und Blättern, in ihren Wurzeln einen gewissen Vorrath von Reservestoffen anhäufen, der dann nebst der noch später neugebildeten Substanz zur Erzeugung der Früchte und Samen verwendet wird. In der Regel sind die Gewächse nur in höheren Breiten in zweijährige umgewandelt worden, weil hier ein Vegetationsjahr nicht ausreicht, damit die Pflanze ihren ganzen Entwicklungsgang durchlaufen kann. So hört der Unterschied zwischen Winter- und Sommergetreide in südlichen Gegenden auf, die verschiedenen

Kohlarten blühen und reifen schon im ersten Jahre, was auch an Möhren und Runkelrüben beobachtet werden kann. Man könnte alle einjährigen Culturpflanzen in zweijährige umwandeln, wenn ihr Anbau spät im Sommer erfolgte, so dass sie nicht mehr zur Blüthenbildung gelangen, vorausgesetzt, dass sie im Winter im Freien nicht erfrieren und kein solches Lichtbedürfniss besitzen, dass sie die langdauernde, nebelig trübe Witterung der Herbstmonate nicht zu überstehen vermögen. Umgekehrt werden zweijährige Pflanzen einjährige, wenn sie im Frühjahr möglichst frühzeitig gebaut werden, so dass die ihnen zu Gebote stehende Vegetationsperiode nach Möglichkeit verlängert wird. Runkelrüben beispielsweise im Frühjahre ausgesäet, liefern umsomehr Schossrüben, d. h. solche, welche schon im ersten Jahre zur Blüthenbildung gelangen, je frühzeitiger die Aussaat erfolgte, und umgekehrt. Auch bei Getreide wird man durch sehr frühe Saat einen Theil der zweijährigen Pflanzen schon im ersten Jahre zur Blüthen- und Fruchtbildung bringen können, und wenn dies mit den erzielten Körnern durch mehrere Jahre fortgesetzt wird, kann man wieder eine einjährige Spielart erzielen. Wenn aber abwechselnd eine Wintergetreideart im Herbst und im Frühjahr gebaut wird, erhält man Wechselgetreide, das sowohl im Frühjahr wie im Herbst mit gleichem Erfolg gebaut werden kann.

Was die ausdauernden krautartigen Pflanzen anbelangt, so ist hier auf den Ausdruck „ausdauernd" oder „perennirend" näher einzugehen. Berücksichtigen wir die Pflanzen auf Culturländereien, so hätten wir zunächst der ausdauernden Gräser der Wiesen und Weiden zu gedenken. Entweder sind diese Gräser queckenartig oder nicht. Letzteres sind sie, wenn sie im Boden nur wirkliche Wurzeln besitzen, queckenartig aber werden sie genannt, wenn sie mit Bodenhalmen, mit Rhizomen versehen sind.

Bei den nicht queckenartigen erfolgt die Bildung neuer Sprosse immer an der Basis der alten, d. h. aus den untersten Halmknoten, und weil sich solche in grosser Zahl bilden, entsteht ein ganzer Schopf von kurzen beblätterten Halmbüscheln und gehen oft hunderte aus einer ursprünglichen Achse hervor. Ein Theil derselben gelangt nach erfolgtem Schossen zur Bildung von Blüthen und Früchten und geht an Erschöpfung zu Grunde; zahlreiche andere Halme aber bleiben kurz, häufen in

ihren Stengeln und Blättern Nährstoffe an und kommen erst im nächsten Jahre zum Schossen und zum Absterben. Somit ist an diesen Pflanzen eigentlich kein Theil mehr als $1\frac{1}{2}$ Jahre alt und sie werden streng genommen mit Unrecht perennirende Gräser genannt. Das Wachsthum der Getreidearten und der einjährigen Gräser ist ein ganz übereinstimmendes und nur insoferne verschieden, als entweder alle Sprosse zum Schossen gelangen und sich somit erschöpfen, oder wenn auch ein Theil nicht schosst, diese unausgebildeten Sprosse mit ihren Reservestoffen im Winter erfrieren. Bei den queckenartigen Gräsern sind es die Rhizome oder Bodenhalme, welche von einem Jahre zum andern ausdauern und, weil sie zahlreiche Reservestoffe abgelagert enthalten, jährlich neue Bildungen, Knospen und Wurzeln, entwickeln; in der Regel werden auch diese Rhizome nicht älter als $1\frac{1}{2}$ Jahre. Perennirende Gräser gibt es also in dem Sinne nicht, dass ein und dieselbe Achse ein höheres Alter als 1 bis $1\frac{1}{2}$ Jahre erreichen könnte, sondern in dem, dass durch fortdauernde Sprossbildung ein Grasstock, der aus einem Samen entstanden ist, sich durch mehrere, selbst viele Jahre erhalten kann.

Bei den Zwiebeln und Knollengewächsen findet ein ähnliches Verhältniss statt. Beim Hauslauch *(Allium cepa)* bildet sich im ersten Jahre eine Zwiebel, welche im nächsten Jahre ausser dem blühenden und fruchttragenden Stengel auch immer wieder neue Brutzwiebeln ausbildet, welche die Art fortpflanzen helfen; aber Pflanzentheile, die älter als 1 bis $1\frac{1}{2}$ Jahre würden, kommen bei Zwiebelgewächsen nicht vor. Ebenso bei Knollengewächsen. Bei der Kartoffel stirbt das Laub jährlich ab und nur die Knolle bleibt erhalten, welche im nächsten Frühjahr im Boden abstirbt, sobald sie neue Sprosse gebildet hat und ihr Inhalt vollständig verbraucht ist. Eigentlich sind sonach auch Zwiebel- und Knollengewächse einjährige Pflanzen und von den sog. einjährigen Gewächsen nur insofern verschieden, als nicht blos Samen, sondern auch Stengeltheile, also Knollen und Zwiebeln, für die Fortpflanzung und Vermehrung Sorge tragen (vegetative Vermehrung).

Dagegen findet man bei ausdauernden krautartigen, mit Pfahlwurzeln versehenen Gewächsen solche, bei welchen die Wurzelstöcke viele Jahre alt werden können, ebenso bei Hopfen,

bei Luzerne, bei Krapp u. s. w. und kann dann an den Querschnitten der Pfahlwurzeln in ähnlicher Weise wie bei den Stengeln und Zweigen der holzartigen Gewächse das Alter nach der Zahl der Jahresringe bestimmt werden.

Bei solchen krautartigen Gewächsen mit holzigen Wurzeln, welche einen jährlichen Zuwachs zeigen, gerade wie bei den holzartigen Gewächsen, wird das Alter beinahe ein ebenso unbegrenztes sein können, wie bei den Bäumen. Bei letzteren, namentlich bei gewissen Arten: bei Taxus, Eichen, der echten Kastanie, beim Drachenblutbaum *(Dracæna draco)*, bei Rosen, Linden, dem Weinstock; bei Wellingtonien, Araucarien, den Tannen und Kiefern kann das Alter Jahrhunderte, selbst Jahrtausende erreichen, wobei freilich sehr günstige Umstände zusammenwirken müssen. Bei solchem Alter nehmen die Stämme auch riesige Dimensionen an, die Krone erhält eine ungeheure Ausbreitung und eine enorme Höhe, die Durchmesser können selbst 5—10 Meter, die Baumhöhen selbst über 100 Meter erreichen.

Zu den günstigen Umständen, welche solche Baumriesen möglich machen, gehören:

1. Fruchtbarer, tiefgründiger Boden, mag es nun ein Urboden oder ein angeschwemmter Boden sein.

2. Eine ausgiebige Befeuchtung, welche durch die jährlichen Niederschläge nur im Gebirge oder in regenreichen Tropenländern beschafft wird, in trockenen Gegenden aber durch das Grundwasser naher Flüsse und Bäche oder durch Quellen geliefert werden müsste.

3. Es gehört dazu eine tiefe starke Bewurzlung und eine geschützte Lage, welche die stärksten Orkane, die sich im Verlauf der Jahrhunderte öfter wiederholen, einigermassen abhalten.

4. Solche Bäume müssen von häufigen Blitzschlägen verschont bleiben, durch welche mechanische Verletzungen an den zersplitterten Aesten und Stämmen entstehen, an welchen das Eindringen von Regenwasser in's Innere des Stammes und somit eine Zersetzung des Holzkörpers eingeleitet wird.

5. Solche Bäume dürfen auch nicht wiederholtem Raupenfrasse oder Angriffen von Parasiten Preis gegeben sein, weil sie sonst schon viel früher zu Grunde gehen, d. h. erst gipfeldürr werden und dann von obenher abtrocknen.

Entgegengesetzte Verhältnisse werden ein früheres Absterben der Bäume bewirken; doch geht dem Tode immer ein Nachlass im Wachsthum voran, der sich durch den Nachlass im Holzzuwachs, geringere Blattbildung hinsichtlich der Zahl der Blätter und ihrer Grösse, durch geringere Fruchtbarkeit, durch Gipfeldürre, theilweises Absterben der Aeste, durch Kernfäule, bei den Nadelhölzern durch Harzfluss, den pflaumenartigen Gewächsen durch Gummifluss, ferner durch Bildung von Adventivknospen und Wasserreisern an den älteren Aesten bemerkbar macht.

Nicht weniger ehrwürdig als die alten Baudenkmäler untergegangener Geschlechter, sind die alten Baumriesen, erhabene Beweise der schaffenden Thätigkeit der kleinen unscheinbaren chlorophyllführenden Zelle. Darum sollte Jeder, der irgend Gelegenheit findet, das Seine zur Erhaltung solcher seltener Ueberbleibsel des Baumwuchses früherer Jahrhunderte beizutragen, diese Gelegenheit dazu nicht versäumen.

LITERATUR.

1. Hand- und Lehrbücher.

W. Hofmeister, Handbuch der physiologischen Botanik. Leipzig, W. Engelmann.

I. Band. I. W. Hofmeister, Lehre von der Pflanzenzelle. 1867.
II. „ „ Allgem. Morphologie der Gewächse. 1868.
II. Band. de Bary, Morphologie und Physiologie der Pilze und Flechten. 1867.
III. Band. „ „ Vergl. Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. 1877.
IV. Band. J. Sachs, Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. 1865.

M. J. Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. Leipzig, 1861.

H. Schacht, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Berlin, 1856—1859.

Fr. Unger, Grundlinien der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Wien, 1866.

F. Rochleder, Chemie und Physiologie der Pflanzen. 1858.

Jul. Sachs, Lehrbuch der Botanik, 4. Auflage. Leipzig, 1874.

Ch. Luerssen, Grundzüge der Botanik. Leipzig, 1877.

W. Knop, der Kreislauf des Stoffes. Leipzig, 1868.

Ad. Mayer, Lehrbuch der Agriculturchemie. Heidelberg, 1873.

Jul. Wiesner, die Rohstoffe des Pflanzenreiches. Leipzig, 1873.

L. Dippel, das Mikroskop und seine Anwendung. Braunschweig, 1872.

C. Nägeli u. S. Schwendener, das Mikroskop, 2. Auflage. Leipzig, 1877.

2. Zeitschriften und Jahrbücher.

Flora, Regensburg; **Botanische Zeitung**, Leipzig; **Oesterr. botanische Zeitschrift**, Wien.

Annales des sciences naturelles, Botanique. Paris.

Bulletin de la société botanique de France. Paris.

Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik, herausg. von C. Nägeli. Leipzig, 1858—1868.

Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, herausg. v. N. Pringsheim. Leipzig.

Arbeiten des botanischen Institutes in Würzburg, herausg. von Jul. Sachs. Leipzig, 1871—1878.
Botanische Abhandlungen, herausg. von J. Hanstein. Bonn.
Beiträge zur Biologie der Pflanzen, herausg. von F. Cohn. Breslau.
Mittheilungen aus dem Gesammtgebiete der Botanik, herausg. von Schenk und Luerssen. Leipzig.
Landwirthschaftliche Jahrbücher, herausg. von Nathusius u. Thiel. Berlin.
Landwirthschaftliche Versuchsstationen, heraug. v. Fr. Nobbe. Berlin.
Annales agronomique, herausg. von P. Dehérain. Paris.
Fühling's Landwirthsch. Zeitung.
Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues, herausg. von Fr. Haberlandt.
Mittheilungen des landw. Institutes der Universität Leipzig, herausg. v. Ad. Blomeyer.
Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik, herausg. von Wollny. Heidelberg.
Wissenschaftlich-praktische Forschungen auf dem Gebiete der Landwirthschaft, herausg. von R. Biedermann.
Botanischer Jahresbericht, herausg. von L. Just. Berlin, 1873—1877.

3. Monographien und Abhandlungen.

Anmerkung. Selbstverständlich können hier aus der gesammten pflanzenanatomischen und -physiologischen Literatur vorzugsweise blos jene Abhandlungen angeführt werden, auf welche im Texte durch Nennung der Autoren aufmerksam gemacht wurde.

Die Pflanzenorgane und ihre specifischen Functionen.

H. Thiel u. H. Müller, Wandtafeln für „den naturwissenschaftlichen Unterricht mit specieller Berücksichtigung der Landwirthschaft", IV. Serie, Bewurzelung. Berlin, 1870.
Fr. Nobbe, „Ueber die feinere Verästelung der Pflanzenwurzel". Eine Vegetationsstudie. Landw. Versuchsstationen, II. Band.
Fr. Haberlandt, „Ueber das Wurzelgewicht der Gräser". Oesterr. landw. Wochenblatt. 1876.
Jul. Sachs, „Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln". Arbeiten des botanischen Institutes in Würzburg, I. Band.
W. Hofmeister, „Ueber Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit von Säften lebender Pflanzen". Flora 1862.
Jul. Wiesner, „Untersuchungen über die Bewegung des Imbibitionswassers im Holze und in der Membran der Pflanzenzelle". Sitzungsber. der k. k. Akademie der Wissenschaften zu Wien 1875.
J. Boehm, „Warum steigt der Saft in den Bäumen?" Vortrag. Wien, 1878.
J. B. Lawes, Experimental investigation into the Amount of Water, given off by plants during their Growth. London, 1850.

Fr. Haberlandt, „Ueber die Transspiration der Gewächse, insbesondere jene der Getreidearten". Landwirthschaftliche Jahrbücher, herausg. von Nathusius und Thiel. 1876.

Fr. Haberlandt, „Ueber die Grösse der Transspiration unserer Culturpflanzen". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen, II. Band. 1877.

J. Wiesner, „Untersuchungen über den Einfluss des Lichtes und der strahlenden Wärme auf die Transspiration der Pflanze". Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften 1876.

A. Burgerstein, „Untersuchungen über die Beziehungen der Nährstoffe zur Transspiration der Pflanzen". Ibidem, 1876.

Ueber Transspiration vergl. ferner Risler, „Archive des sciences phys. et nat". 1871, und „Schlesische landw. Zeitung", 13. Jahrgang, 1872, und Hellriegel „Jahresbericht über die Fortschritte auf dem Gesammtgebiet der Agriculturchemie", 1872.

Fr. Haberlandt, „Das Austrocknen abgeschnittener und benetzter, sowie abgeschnittener und nicht benetzter grüner Pflanzentheile". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen etc., II, 1877.

Ch. Darwin, „Die Wirkungen der Kreuz- und Selbstbefruchtung im Pflanzenreich". Uebersetzt von V. Carus. Stuttgart, 1877.

H. Müller, „Die Befruchtung der Blumen durch Insecten". Leipzig, 1873. Ueber Befruchtung vgl. ferner, Fritz Müller, „Botanische Zeitung" 1866, 1868. Hildebrand „Bot. Ztg." 1871. Monatsbericht der Berliner Akademie 1872. Delpino, „Bot. Ztg." 1869, 1871.

Fr. Hildebrand, „Die Verbreitungsmittel der Pflanzen". Leipzig, 1873.

Die Ernährung und das Wachsthum der Pflanze.

Th. de Saussure, „Recherches chemiques sur la vegetation". 1804.

J. v. Liebig, „Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie" I. Aufl. 1840. Neueste Aufl. herausg. von Prof. Dr. Ph. Zöller.

— — „Die Grundsätze der Agriculturchemie". 1855.

J. B. Boussingault, „Agronomie, Chemie agricole et Physiologie", Paris 1860.

S. Johnson, „Wie die Feldfrüchte sich nähren". Uebersetzt von H. v. Liebig. 1872.

Jul. Sachs, Verschiedene Abhandlungen über die Assimilation der Kohlensäure und des Wassers, die Function der Chlorophyllkörner, über Stoffwechsel und Stoffwanderung in der „Bot. Ztg." 1859, 1862, 1863, 1864, 1865; in Pringsheim's „Jahrbücher f. wissenschaftliche Botanik" III. Band, und in der „Flora" 1862, 1863.

Jul. Wiesner, Verschiedene Abhandlungen über die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Chlorophylls, in den Sitzungberichten der k. Akademie der Wissenschaften 1873, „Flora" 1874, „Festschrift der k. k. zool.-bot. Gesellschaft", Wien, 1876.

— — „Die Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze", 1877.

J. Boehm, Verschiedene Abhandlungen über Entstehung und Wanderung der Stärke in Keimpflanzen und über Entstehung der Stärkekörner in den Chlorophyllkörnern. Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften 1869—1876, „Landw. Versuchsstationen" 1876.

W. Pfeffer, „Die Wirkung farbigen Lichtes auf die Zersetzung der Kohlensäure in den Pflanzen". Arbeiten des botan. Institutes in Würzburg, I. Heft. 1871.

J. Moll, „Ueber die Herkunft des Kohlenstoffes in den Pflanzen". Landw. Jahrbücher von Nathusius u. Thiel, VI. Jahrg. 1877.

Sachsse, „Chemie und Physiologie der Farbstoffe und Kohlehydrate etc." Leipzig, 1877.

G. Ville, „Recherches experimentales sur la vegetation". Paris. 1857.

Lawes, Gilbert u. Pugh, „On the Sources of the Nitrogen of Vegatation. Philosophical Transaction". 1861.

H. Ritthausen, „Die Eiweisskörper der Getreidearten etc." Bonn, 1872.

E. v. Wolff, „Aschen-Analysen von landw. Producten". Berlin 1875.

Wiegmann u. Polstorff, „Ueber die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen". Gekrönte Preisschrift, 1842.

Ueber Culturen in Nährstofflösungen vgl. Knop, Sachs, Nobbe, Stohmann u. A. in den „landwirthsch. Versuchsstationen" 1861—1863. E. Wolff, Hohenheimer Jubiläumsschrift, 1862.

Nobbe, Schröder u. Erdmann, „Ueber die organische Leistung des Kaliums in der Pflanze". Chemnitz, 1871.

Fr. Nobbe u. Siegert, „Ueber die Bedeutung des Chlors für die Buchweizenpflanze". Landw. Versuchsstationen, 1862.

J. Boehm, „Ueber den vegetabilischen Werth der Kalksalze". Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften, 1876.

G. Holzner, „Ueber die Bedeutung des oxalsauren Kalkes". „Flora" 1867.

E. Gris, „De l'action des composés ferrugineux solubles sur la vegetation". 1843.

Fr. v. Höhnel, „Beitrag zur Kenntniss der Bedeutung der Kieselsäure für die Pflanze". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen, 1877.

Arendt, „Das Wachsthum der Haferpflanze". Landwirthschaftliche Versuchsstationen 1869.

Hosäus, „Ueber den Einfluss des Saatgutes auf die Sterblichkeit und die Entwicklung der Pflanzen". Deutsche landw. Presse 1875.

DRITTER THEIL.

Das Klima.

Die klimatischen Factoren, Wärme, Licht, Niederschläge, Winde u. s. w., combiniren sich in verschiedenen Gebieten der Erdoberfläche in grösster Mannigfaltigkeit; man unterscheidet deshalb verschiedene Klimate: kalte, warme, heisse, nasse, feuchte, trockene u. s. w. Aber nicht nur grössere Erdstriche haben ihr eigenthümliches Klima, sondern auch in den einzelnen Gegenden mit beschränkterem Umfange wird sich ein besonderes Klima feststellen lassen, dessen Grundzüge sich freilich nicht sämmtlich in einem Jahre ergeben. Denn nur der Boden und seine Verhältnisse bilden einen constanten unveränderlichen Factor des Klimas eines Ortes: seine Erhebung über die Meeresoberfläche, seine Neigung nach der Himmelsrichtung, seine geographische Lage, von welcher ja der Winkel der auffallenden Sonnenstrahlen und die Dauer der Insolation in den verschiedenen Jahreszeiten bedingt ist; auch die Lage des Bodens nach der geographischen Länge ist unveränderlich und nimmt auf den Charakter des Klimas einen wesentlichen Einfluss. Veränderlich dabei sind für jeden Ort in jedem Jahre die Wärmeverhältnisse, weil diese nicht ausschliesslich durch die locale Insolation bedingt werden, die übrigens in Folge eines bald reichlicheren, bald spärlicheren Auftretens von Sonnenflecken auch an und für sich nicht alljährlich dieselbe ist: die wechselnden Winde können nämlich jedem Orte einen Ueberschuss von warmer oder kalter Luft zuführen. Veränderlich sind die Feuchtigkeitsverhältnisse, insoferne nicht nur local die Niederschlagsmengen ausserordentlich variiren, sondern überhaupt der Stand der Gewässer und des

Grundwassers im Boden durch Regenfälle bedingt wird, welche an weit entfernten Localitäten und Gegenden vorkommen. Einen Gegensatz zu dem ausserordentlichen Wechsel, welcher im Luftkreise durch die Winde hervorgebracht wird, bildet die Beleuchtung, welche sich für den gleichen Ort jährlich mit ziemlicher Constanz wiederholt; freilich liegt die Ursache, dass wir zwischen helleren und dunkleren Vegetationsjahren keinen solchen Unterschied zu machen vermögen, wie zwischen kalten, warmen, trocknen und feuchten Jahrgängen, zum Theil in der Mangelhaftigkeit der Instrumente zur Messung der Intensität des Lichtes, einem Mangel, welchem bisher trotz aller Bemühungen noch immer nicht abgeholfen werden konnte.

Wenn die Mehrzahl der klimatischen Factoren so grossen Schwankungen ausgesetzt ist, so ist offenbar eine mehrjährige fortgesetzte Beobachtung derselben nothwendig, damit die Extreme in der einen und anderen Richtung festgesetzt und aus einer grossen Summe von Einzelnbeobachtungen Mittelwerthe zur Charakterisirung des Klimas gewonnen werden können. Solche Daten werden bei den meteorologischen Beobachtungen gesammelt, denen ja auch die Landwirthe in neuerer Zeit immer grössere Aufmerksamkeit zuwenden. Die Meteorologie ermittelt die klimatischen Erscheinungen, wie sie an einzelnen Orten in den aufeinander folgenden Jahreszeiten auftreten; die Vereinigung aller dieser Daten aber in ein Gesammtbild ist die Aufgabe der Lehre vom Klima. In diesem Sinne wäre die Meteorologie eine Hilfsarbeiterin der Klimalehre und ihr untergeordnet.

Es ist darüber kein Zweifel gestattet, dass die klimatischen Factoren vom Landwirth grösstentheils unabhängig sind. Die Wärmemengen, welche den Pflanzen im Grossen und Ganzen dargeboten werden, kann der Landwirth fast in keiner Weise wesentlich beeinflussen, vermehren oder vermindern. Im kleinen Massstabe kann er allerdings die Pflanzen hinsichtlich ihrer Wärmebedürfnisse unterstützen, er kann zartere und empfindlichere Pflanzen in Mistbeeten, in Warmkästen, in Glas- und Gewächshäusern ziehen, er kann in kalten Nächten durch Bedeckung mit Stroh- und Rohrmatten, mit Töpfen u. s. w. die tödtliche Wirkung des Frostes abhalten; aber im grossen Massstabe hat er kein Mittel an der Hand,

die Wärmesumme eines Vegetationsjahres zu vermehren. Dadurch, dass er den Boden mit organischen Substanzen düngt, führt er allerdings einen Verbrennungsprocess im Boden herbei, bei welchem Wärme frei wird; aber diese vertheilt sich in einem so grossen Raume und innerhalb so langer Zeit, dass der Effect für die Pflanze kaum bemerkbar wird. Einigermassen kann er ferner durch Trockenlegung des Bodens, durch künstliche Mischungsverhältnisse desselben auf seine Wärmeverhältnisse in günstigem Sinne einwirken.

Besser steht es bezüglich der Mittel, die ihm zu Gebote stehen, um dem Regenmangel und dem Ueberfluss an Niederschlägen abzuhelfen; die Ent- und Bewässerung kann in beiden Richtungen Grosses leisten. Aber auch noch andere Hilfsmittel stehen dem Landwirthe zu Gebote, welche er anwenden kann, um den Nachtheilen, welche aus einer ungleichen Regenvertheilung sich ergeben, zu begegnen; doch wird die Zusammenstellung aller hieher gehörigen Massregeln bei einer anderen Gelegenheit besprochen werden.

Fast unabänderlich ist die Lichtquelle, die den Saaten der Landwirthe zu Gebote steht. Der Landwirth kann auf eine Erhöhung derselben gar keinen Einfluss nehmen; er kann nur dafür sorgen, dass das dargebotene Licht ungehindert zur Wirkung gelange. Die lichtbedürftigen landwirthschaftlichen Nutzpflanzen vertragen den Schatten der Bäume und der Wälder nicht, und deshalb zum Theile ging die Ausbreitung der Feldculturen und die Lichtung der Wälder Hand in Hand; an jeder, ein Feld begrenzenden Allee kann man augenfällig den nachtheiligen Einfluss der Beschattung auf das Gedeihen unserer Feldfrüchte wahrnehmen. Eine zu grosse Lichtintensität, welche unsere Feldpflanzen beeinträchtigen könnte, kommt in unserem Klima wohl nicht vor, wohl aber im Süden, daher auch zahlreiche Nähr- und Nutzpflanzen in den Tropenländern im Schatten von Bäumen gezogen werden müssen. Schon im südlichen Theile von Oesterreich begegnet man einer gemischten Cultur, indem die Feldfrüchte zwischen Maulbeerbäumen und Rebenhecken wachsen. Ob diese Massregel, die in Italien allgemein in Anwendung steht, auf der positiven Erfahrung beruht, dass eine theilweise Beschattung, also Schwächung der Insolation ein besseres Wachsthum und Gedeihen der dazwischen ange-

bauten landwirthschaftlichen Nutzgewächse bewirke, das dürfte dahingestellt bleiben. Exacte Versuche hierüber sind wohl noch nicht ausgeführt worden; aber die praktischen Erfahrungen eilen in vielen Fällen der wissenschaftlichen Constatirung von Thatsachen voraus und das dürfte auch der Grund von der auffälligen Verschiedenheit der Culturmethoden sein, indem bei uns und in nördlichen Gegenden einfache, in südlichen dagegen gemischte oder combinirte Cultur von kraut- und holzartigen Gewächsen vorkommt.

Was die Winde betrifft, so kann der Landwirth zur Abhaltung von Stürmen allenfalls für Anpflanzungen von Bäumen, Schutzhecken u. s. w. Sorge tragen.

Auch auf die örtliche Lage des Bodens kann der Landwirth keinen Einfluss nehmen; er kann nur eine Auswahl der verschiedenen Lagen beim Anbau der verschiedenen Culturpflanzen treffen, was oft für den Erfolg von sehr grossem Einfluss ist.

Im allgemeinen landwirthschaftlichen Pflanzenbau, soweit sich derselbe mit dem Einflusse des Klimas auf das Pflanzenwachsthum beschäftigt, sind die einzelnen klimatischen Factoren in ihrer Einzeln- und Gesammtwirkung zu besprechen und zusammenzufassen, und wird zu erwägen sein, inwieferne sie den Anbau gewisser Culturpflanzen überhaupt gestatten und, wenn dies der Fall ist, wie selbe zusammenwirken müssen, damit die vollkommensten Producte gebildet werden.

ERSTER ABSCHNITT.

Die Wärme.

Von allen Wachsthumsfactoren differirt jener der Wärme am aller auffälligsten. Bezüglich des Bodens können im Süden und Norden ganz gleiche Verhältnisse wiederkehren, er kann dort wie hier unfruchtbar oder in hohem Grade fruchtbar sein, die Menge und das Mischungsverhältniss der Nährstoffe kann an beiden Orten ein sehr nahe übereinstimmendes sein und doch wird der Pflanzenwuchs, der durch die geographische Breite bedingt wird, die grössten Unterschiede zeigen. Auch

die Feuchtigkeitsverhältnisse können sich in gleichen Combinationen in nördlichen und südlichen, in hohen und niederen Breiten wiederholen; das Gleiche gilt von der Luft und ihrer Zusammensetzung, von den Erscheinungen der bewegten Luft, die als Winde oder Stürme Einfluss auf das Pflanzenwachsthum nehmen. Die Lichtwirkung ist in niederen Breiten allerdings eine intensivere; dafür sind aber die höheren Breiten durch die grössere Tageslänge während der Vegetationszeit begünstigt, wodurch es möglich wird, dass manche Gewächse, die hier wie dort vorkommen, im Norden in einer kürzeren Zeit zur Reife gelangen als im Süden. Wenn man demnach die ausserordentliche Mannigfaltigkeit von Pflanzenformen berücksichtigt, welchen man begegnet, wenn man vom Nordpol gegen den Aequator zu fortschreitet, so wird man offenbar in der Wärme, und zwar in erster Linie, und dann im Lichte den Hauptfactor erblicken, der die Entstehung einer so ungeheuren Zahl von Pflanzenformen ermöglichte.

Wir begegnen auf dem Wege vom Nordpol zum Aequator erst den Alpenkräutern, Flechten und Moosen, dann Alpensträuchern; von Bäumen erst der Birke und Weide, dann den Nadelhölzern, Fichten und Kiefern; dann Laubhölzern, Buchen, Eichen, nebst Wiesen- und Getreidepflanzen; und so weiter gegen Süden dem Mais und Weinstock, immergrünen Laubhölzern, dem Reis, der Moorhirse, dem Oelbaum, den Myrthen und Lorbeeren, den Citronen und Orangen, der Baumwolle, dem Zuckerrohr, dem Theestrauch, den Feigen, baumartigen Farnen und baumartigen Gräsern, dem Kaffeebaum, Kakaobaum, schliesslich den Palmen und Bananen. Die eben genannten Pflanzen haben um so höhere Wärmebedürfnisse, je weiter hinten sie folgen. Wir ersehen dies am besten aus der geographischen Verbreitung dieser Pflanzen innerhalb gewisser Vegetationszonen, die wir in der Weise charakterisiren wollen, dass wir nebst den Pflanzen, die sie erzeugen, zugleich auch die Wärmemittel des Jahres und der einzelnen Monate zusammenstellen.

Vegetationszonen	Grade nördl. Breite	Mittlere Temperatur in Graden nach Celsius												
		Winter			Frühling			Sommer			Herbst			Jahres-mittel
		Decem-ber	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septem-ber	O tober	Novem-ber	
1. Polare Vegetationszone von 72—90°; Region der Alpenkräuter, Flechten und Moose	75	—22·0	—24·37	—19·0	— 18 12	—10·05	— 2·25	+ 4·0	+ 7·25	+ 5·75	+ 0 75	— 9·12	—17·62	— 8·77
2. Arktische Vegetationszone von 66—72°; Region der Alpensträucher; von Bäumen nur die Birke und Weide .	70	—18·62	—21·12	—18·5	—13·87	— 6·62	+ 1·65	+ 7·62	+10·87	+ 8·87	+ 3 65	— 3·87	—13·5	— 5·29
3. Subarktische Zone von 58 bis 66°; Region der Nadelhölzer, Birken und Weiden .	60	—13·50	—15·75	—13·5	— 8·62	— 1·62	+ 5·37	+10·75	+13·50	+11·37	+ 7·12	+ 0·75	- 8·0	— 1·01
4. Kältere gemässigte Vegetationszone von 45—58°; Laubhölzer, Buchen, Eichen, Wiesengräser, Getreide . . .	50	— 4·75	— 6·75	— 5·37	— 1·62	+ 5 50	+10·62	+14·87	+17·0	+16 37	+12·25	+ 6 37	' 0	+ 5·37
5. Wärmere gemässigte Vegetationszone von 34—45°; immergrüne Laubhölzer, Mais, Weinstock, Moorhirse, Oelbaum	40	+ 6·25	+ 4·62	+ 5·50	+ 8·00	+12·25	+16·75	+21·0	+ 22·37	+22·5	+18·75	+15·37	+ 9·75	+13·55
6. Subtropische Vegetationszone von 23—34°; Myrthen, Lorbeeren, Citronen, Orangen, Baumwolle, Zuckerrohr, Theestrauch	30	+15·37	+14 75	+15·50	+17·62	+20 12	+23·12	+25·12	+25·75	+27·0	+25·25	+22·75	+18·87	+20·93
7. Tropische Vegetationszone zwischen 15—23°; Feigen, baumartige Farne u. Gräser, Palmen, Kaffee, Zuckerrohr	20	+22·75	+21·12	+22·62	+24 0	+26·12	+27·0	+27·25	+27·62	+27·62	+27 0	+26·12	+24 62	+25·32
8. Aequatoriale Vegetationszone vom 15° n. Br. bis 15° s. Br.: Palmen u. Bananen .	0	+26·25	+26·37	+26·75	+27·0	+27·37	+ 26·75	+26·62	+25 87	+26·0	+26·12	+26 12	+26 50	+26·47

Die Differenzen zwischen dem kältesten und dem wärmsten Monat betragen der Reihe nach 31·62, 31·99, 29·25, 23·75, 16·25, 12·25, 4·87 und 1·37° C. Die Wärmesumme aber, welche das Vegetationsjahr empfängt, berechnet sich der Reihe nach für

den	75°	n. Br.	auf	544·50°	C.
„	70°	„	„	971·40°	„
„	60°	„	„	1507·95°	„
„	50°	„	„	2522·46°	„
„	40°	„	„	4966·25°	„
„	30°	„	„	7650·00°	„
„	20°	„	„	9253·75°	„
„	0°	„	„	9663·37°	„

daher die Wärmesumme unter dem Aequator jene unter dem 75° n. Br. um nicht weniger als um das 18fache übertrifft.

Die Kenntniss der mittleren Jahrestemperatur eines zwischen den Wendekreisen gelegenen Ortes kann schon eine ziemlich genaue Vorstellung von seinem Ackerbau gewähren, denn die Temperatur jedes einzelnen Tages ist von der des ganzen Jahres wenig verschieden. Ganz anders in ausserhalb der heissen Zone gelegenen Ländern. Hier genügt die Kenntniss der mittleren Jahrestemperatur nicht, um die Möglichkeit des Anbaues der verschiedenen Culturpflanzen beurtheilen zu können. Es genügen weder die Isothermen, welche die Orte gleicher mittlerer Jahreswärme mit einander verbinden, noch die Isotheren, welche die Orte gleicher mittlerer Sommerwärme anzeigen, noch die Isochimenen, d. h. die Linien gleicher mittlerer Wintertemperatur. Selbst die Bekanntgabe der mittleren Temperaturen der einzelnen Monate ist hiebei nicht ausreichend, um Sicherheit über die Möglichkeit des Anbaues einzelner Gewächse zu geben.

Es kann z. B. an zwei verschiedenen Orten, nehmen wir an in England und im mittleren Europa, eine gleiche Jahrestemperatur herrschen, und doch ist dort die Cultur des Weinstockes unmöglich, an letzterem Orte in ausgezeichneter Weise durchführbar.

Es rührt der Unterschied davon her, dass die Sommer in England kühl, in Mitteleuropa weit wärmer sind. Der Weinstock braucht nun nicht nur eine bestimmte Wärmesumme, um seine Frucht zu reifen, sondern auch eine bestimmte Höhe

der Wärme; diese aber kann selbst aus der mittleren Sommerwärme oder den mittleren Temperaturen der einzelnen Sommermonate nicht beurtheilt werden. Wäre nur die mittlere Sommer- oder Juli- und August-Temperatur dem Weinstock geboten, so würde er auch in Mitteleuropa nicht gehörig ausreifen können; vielmehr ist es nothwendig, dass sich an möglichst vielen Tagen die Temperatur recht hoch über dieses Mittel erhebt, dass die Temperatur-Maxima im Sommer recht oft und in beträchtlicher Höhe eintreten. Wieder an zwei anderen Orten kann eine gleiche mittlere Wintertemperatur vorhanden sein, es weichen vielleicht auch die einzelnen Wintermonate bezüglich ihrer Wärmemittel nicht beträchtlich von einander ab; und doch kann an dem einen Ort eine gegenüber strengen Frösten empfindliche Pflanze noch die Winter überdauern, an dem anderen Orte nicht, und zwar deshalb, weil dort häufige und sehr niedrige Temperatur-Minima vorkommen, an dem anderen Orte aber die niedrige Temperatur gleichförmig anhält und keine grossen Schwankungen zeigt. Um daher sicher beurtheilen zu können, ob gewisse Gewächse noch anbaufähig sind, müssen auch die absoluten Maxima und Minima, welche vorkommen können, bekannt sein, muss ferner die Zahl der Frosttage in Betracht gezogen werden, welche in die Frühlingsmonate März, April und Mai, und in den Herbst, besonders in die Monate September und October, fallen, während die Zahl der Frosttage für die eigentlichen Wintermonate von einer geringen Bedeutung sind. Ausser den Monatswärmemitteln sollten also noch für die einzelnen Monate ausser dem Normalmittel auch die durchschnittlichen und absoluten Maxima, die durchschnittlichen und absoluten Minima bekannt sein, wie dies beispielsweise aus folgender Zusammenstellung für Wien zu ersehen ist.

Abgeleitet aus 23jährigen Beobachtungen	December	Januar	Februar	März	April	Mai
Normalmittel	+0·025	− 1·69	+ 0·66	+ 4·39	+10 2	+15·67
Durchschnittliches Maximum . . .	+ 9·62	+ 9·07	+11·15	+15·90	+22·88	+27·90
Absolutes Maximum	+19·0	+14·37	+16·25	+22·50	+28·50	+33·12
Durchschnittliches Minimum . . .	−10·25	−12·39	− 9·06	− 6·24	− 1·22	+ 3·61
Absolutes Minimum	−16·0	−23·50	− 20·0	−13·0	− 6·62	− 1·62

Abgeleitet aus 23jährigen Beobachtungen	Juni	Juli	August	September	October	November
Normalmittel	+18·92	+20·55	+20·12	+15 82	+10·41	+ 4·29
Durchschnittliches Maximum . . .	+30 96	+33·40	+32·12	+27·60	+23·90	+14·47
Absolutes Maximum	+34·25	+37·0	+35·25	+32·50	+26·0	+21·5
Durchschnittliches Minimum . . .	+10·32	+11·76	+ 9·61	+ 5 22	+ 0·12	— 5·73
Absolutes Minimum	+ 7·37	+ 8 37	+ 5·62	+ 1·0	— 5·0	—13·75

Kennt man für irgend eine Pflanze die Dauer der Entwicklung und ist die Temperatur während dieser Zeit notirt worden, so steht nichts im Wege, um jene Wärmesumme zu berechnen, welche die betreffende Pflanze zu ihrer Entwicklung braucht; auch wird die Schlussfolgerung unanfechtbar sein, dass dieselbe mit einiger Wahrscheinlichkeit dort wird gebaut werden können, wo ihr die Vegetationszeit während des Wachsthums dieselbe Wärmemenge bietet, vorausgesetzt, dass nicht Excesse nach der einen oder anderen Richtung den Anbau in einzelnen Jahrgängen unsicher machen. Die Art der Berechnung der Wärmesummen kann, wie die nachstehenden Darlegungen zeigen, eine sehr verschiedene sein.

So rechnet z. B. Quetelet vom ersten frostfreien Tage an alle Temperaturen über 0 als positive, alle unter 0 als negative und erhält so eine Wärmesumme, welche der Entwicklung der Pflanzen proportional sein soll. Hiebei ist aber zu bedenken, dass erst von jener unteren Temperaturgrenze angefangen die Wärmegrade in Rechnung kommen dürfen, bei welcher überhaupt das Wachsthum beginnt. Wenn also z. B. bei Tabak das Keimen überhaupt erst bei 10—12° C. beginnt, so ist die ganze März- und April-Temperatur als völlig unwirksam zu betrachten. Man sollte also sagen: Für irgend eine bestimmte Pflanze wird die nöthige Wärmesumme gefunden, wenn alle Temperaturen über der unteren Temperaturgrenze für das Keimen als positive gerechnet werden und die negativen Temperaturen unberücksichtigt bleiben. Denn die negativen Temperaturen als negative Grössen in Rechnung zu bringen, ist deshalb unstatthaft, weil dieselben ja nur wirkungslos sind, nicht aber eine zurückschreitende Entwicklung der Pflanze bewirken, die erst wieder eingebracht werden müsste.

Hundeshagen führt alle positiven Temperaturen vom letzten Laubfall im Herbste an ein, weil er für die Entwicklung

der Bäume den Einfluss der Wärmesummen constatiren und zur Vergleichung benutzen wollte. Die im Winter vorkommenden positiven Temperaturen sind aber so gering, dass sie füglich ausserhalb der Berechnung bleiben können, umsomehr als es im Winter, wenn überhaupt ein Wachsthum eingeleitet werden sollte, auch auf die Bodentemperatur ankäme, welche aber, wenn vorübergehend die Luft auch höher erwärmt sein sollte, immer tiefer steht, als dass ein Wachsthum eintreten könnte.

Während in vielen Fällen die Wirkung der Wärme proportional der beobachteten Wärmesumme ist, haben Manche gefunden, dass man zu genaueren Ergebnissen gelangt, wenn angenommen wird, die Wirkung sei proportional der Summe der quadrirten Temperaturen. So blühte der spanische Flieder in sechs aufeinander folgenden Jahren:

		Sollte aufblühen nach der Summe der einfachen und quadrirten Temperaturen	
Im 1. Jahr am	10. Mai . . .	10·5 Mai	9·3 Mai
„ 2. „ „	28. April . .	4·0 „	2·2 „
„ 3. „ „	24. „ .	23·3 April	23·0 April
„ 4. „ „	28. „ . .	22·5 „	27·3 „
„ 5. „ „	20. „ .	19·5 „	19·7 „
„ 6. „ „	25. „ . .	22·0 „	23·5 „
Im Mittel		27·5 April	27·0 April	27·5 April

Professor Hoffmann in Giessen berücksichtigt bei der Berechnung der Wärmesummen nur die Maxima der Wärme, weil gerade die Maxima der Temperaturen den grössten Einfluss ausüben und das Optimum bei in der Luft befindlichen Pflanzentheilen selten überschreiten dürften. Als Ausgangspunkt für das Zählen der Temperatur wählt Hoffmann den 1. Januar; er bestimmt die Temperatur-Maxima mittelst eines $4^1/_2{}'$ hoch über einen Rasenplatz aufgehängten Thermometers. Zum Theil erhält Hoffmann, namentlich für den frühen Eintritt der Blüthen, sehr übereinstimmende Resultate:

	Wärmesummen in Graden nach Réaumur			
	1866	1867	1868	1869
Aesculus hippocastanum 1. Blüthe .	1306	1307	1290	1364
Amygdalus nana	1051	1046	1017	1025
Prunus avium	1009	1002	1039	1059
„ spinosa	1009	1017	1017	960
Pyrus communis	1149	1105	1147	1142
Aster amellus	3855	3898	3865	—

Die Temperatursummen können schliesslich auch unter Berücksichtigung der Dauer der stattgehabten Insolation, d. h. mit Berücksichtigung der jeweiligen Tageslänge berechnet werden. Wird die Länge zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen = 1 angenommen, so hätte jeder der dazwischen liegenden Tage einen anderen Werth, für welchen ein zifferischer Ausdruck gesucht werden müsste. Wenn also beispielsweise der 18. März 1877 genau eine 12 Stunden lange Tageszeit hatte, indem der Sonnenaufgang um 6^h 10′ statt hatte, und der Sonnenuntergang um 6^h 10′ Abends vor sich ging und diese Länge = 1 angesetzt wird, so hat

der	19.	März	der	um	2′	länger	ist,	eine Tageszeit =	1·003
„	20.	„	„	„	7′	„	„	„	1·0097
„	21.	„	„	„	11′	„	„	„	1·0153

Da es nun umständlich wäre, wollte man die Mittel-Temperatur jedes einzelnen Tages mit seiner Tageslänge multipliciren, und die Producte alle zusammenaddiren, so wird es einfacher und bequemer sein, für mehrtägige (z. B. fünftägige) Perioden die mittleren Temperaturen und die mittleren Tageslängen zu berechnen und die entsprechenden Perioden für die bekannte Vegetationsdauer der Pflanze, für welche die Wärmesumme berechnet werden will, der Rechnung zu Grunde zu legen.

Wenn die Berechnung der Wärmesummen für zweijährige Gewächse erfolgen soll, so hat man diejenigen Tage zu berücksichtigen, welche eine über 0 gehende Temperatur zeigen, bis zu jenem Zeitpunkte, wo der Boden nicht nur in der Nacht eine Frostkruste bekommt, sondern sich diese auch einen Theil des Tages hindurch erhält. Es kann dieser Schluss des Wachsthums schon mit Anfang October eintreten, kann aber selbst in unseren Breiten auch bis Anfang oder Mitte, selbst Ende December hinausgerückt werden.

Wenn wir die Wärmesummen, die für die einzelnen Culturpflanzen in verschiedenen Breiten berechnet wurden, mit einander vergleichen, so ergeben sich zum Theil sehr auffällige Uebereinstimmungen, aber auch sehr beträchtliche Abweichungen. Dass die letzteren häufig genug vorkommen müssen, ergibt sich leicht aus folgenden Erwägungen:

1. Niedere Temperaturen haben eine geringere Wirkung als höhere, wenn sie gleich durch längere Zeit einwirken und

die Wärmesumme die gleiche wäre. Wir haben dies Gesetz schon beim Keimen der Samen hervorgehoben; es findet seine Anwendung in noch höherem Grade für die spätere Entwicklung der Pflanzen, wo das Wärmebedürfniss ein höheres wird.

2. Es muss, damit die Wärme ihre grösste Wirkung äussere, der Gang der Wärme ein solcher sein, dass von der Keimung bis zur Blüthe und Reife eine fortwährende Zunahme derselben eintritt. Mit anderen Worten: Eine Wärmesumme, welche aus steigenden Gliedern sich zusammensetzt, wirkt mehr als eine solche, welche aus Gliedern einer fallenden Reihe gebildet wird.

Ueber den Einfluss grösserer Schwankungen der Temperatur auf die fortschreitende Entwicklung der Pflanzen sind bisher noch wenig Untersuchungen bekannt geworden; Köppen glaubte gefunden zu haben, dass Temperatur-Veränderungen einen schädlichen Einfluss auf das Wachsthum insoferne ausüben, als es langsamer vor sich geht als bei constanter Mitteltemperatur. Indessen hat Köppen mit zu wenig Versuchspflanzen operirt; er hat kranke Pflanzen zu seinem Versuche verwendet, weil die verwendeten Samen nur eine geringe Keimfähigkeit besassen; er hat die Versuche bei Temperaturen über dem Optimum, selbst über dem Maximum ausgeführt, wobei die Pflanzen natürlich Schaden leiden mussten; daher Köppen's Angaben keine Berücksichtigung verdienen.

Andere Versuchsreihen nahm Pedersen vor; er machte es sich zur Aufgabe, zu bestimmen, ob der Zuwachs, welchen eine Wurzel in schwankenden, für sie nützlichen Temperaturen erreicht, verschieden sei von dem Zuwachs, welchen sie in ebenso langer Zeit in der entsprechenden constanten Mitteltemperatur erreicht? Pedersen führte zu diesem Zwecke Wasserculturen aus, zum Theil auch Culturen in Erde; bei der Berechnung des mittleren Zuwachses der Wurzeln verwendete er alle gesunden Wurzeln zur Messung. Theils cultivirte er die Pflanzen so, dass ein plötzlicher Wechsel zwischen constanten Temperaturen eintrat, theils so, dass der Wechsel innerhalb langsam auf- oder absteigender Temperaturen vor sich ging. Im ersteren Falle zeigte es sich, dass der Zuwachs, welchen eine Wurzel bei plötzlichem Wechsel zwischen verschiedenen nützlichen constanten Temperaturen erreicht, nicht kleiner, sondern grösser ist als der Zuwachs, welchen sie in

gleicher Zeit bei der constanten Mitteltemperatur erreicht; ferner, dass auch der Zuwachs, welchen eine Wurzel bei continuirlichen Schwankungen nützlicher Temperaturen erreicht, nicht kleiner, sondern grösser ist als der Zuwachs bei der entsprechenden mittleren constanten Temperatur.

3. Die Ursache, warum die Temperatursummen für Pflanzen, welche einer und derselben Species angehören, häufig nicht übereinstimmen, liegt ferner in dem Umstande, dass es früh- und spätreifende Spielarten einer und derselben Pflanzenspecies gibt, deren Reife oft viele Wochen weit auseinander liegt. So die Kartoffeln, von welchen frühe Sorten selbst bei uns schon im Juni zur Reife gelangen, andere erst im October geerntet werden können. Unter den Maisspielarten reifen die frühesten bei uns schon Mitte August, andere gelangen selbst unter den günstigsten Umständen nicht zur völligen Reife. Bei der Sojabohne ist der Unterschied noch auffälliger; während frühe Sorten bei uns Anfang September reifen, kommen späte Sorten nicht einmal bis zur Blüthenbildung. Wenn nun die Temperatursummen an einem Orte für frühe, an einem anderen Orte für späte Sorten berechnet worden sind, kann von einer Uebereinstimmung derselben nicht im Entferntesten die Rede sein.

4. Aber selbst für Pflanzen, welche derselben Varietät angehören, wird die Dauer der Entwicklung und die erforderliche Wärmesumme bald grösser, bald kleiner ausfallen, je nach den Boden- und Feuchtigkeitsverhältnissen, unter welchen dieselben zum Anbau gelangten. Auf einem schweren, gebundenen, auf einem sehr fruchtbaren und zugleich sehr feuchten Boden wird die Reife immer später eintreten, als wenn der Anbau auf einem leichten, milden, mürben Boden gemacht worden ist, der eben nur auf einem ausreichenden Grad der Frische erhalten wurde.

Immerhin geben die Wärmesummen, welche für die verschiedenen Culturpflanzen als nothwendig für ihre Entwicklung von der Keimung bis zur Reife ermittelt worden sind, einen werthvollen Anhaltspunkt zur Beantwortung der Frage, ob an irgend einem Orte, wo die Pflanze noch nicht zum Anbau gelangte, auch Aussicht vorhanden sei, dass sie zur völligen Reife gelange. Diese praktische Bedeutung der „Wärme-

summen" wird auch Derjenige anerkennen müssen, welcher sie vom theoretischen Standpunkte aus perhorrescirt. Es braucht für eine solche Gegend nur die Wärmesumme berechnet zu werden, welche zwischen den ersten frostfreien Tagen des Frühlings und den ersten Frosttagen des Herbstes sich ergibt, und diese Summe mit der angegebenen Temperatursumme verglichen zu werden, welche die Pflanze erfordert.

Es folgen nun einige Wärmesummen, und zwar Minima und Maxima für unsere wichtigsten Culturpflanzen:

	Temperatursummen in Graden Celsius	
	Minima	Maxima
Winter-Weizen	1960	2250
Sommer-Weizen	1870	2275
Winter-Roggen	1700	2125
Sommer-Roggen	1750	2190
Winter-Gerste	1700	2075
Sommer-Gerste	1600	1900
Hafer	1940	2310
Mais	2370	3000
Reis	3500	4500
Moorhirse	2500	3000
Rispenhirse	2050	2550
Kolbenhirse	2350	2800
Buchweizen	1000	1200
Hanf zur Reife	2600	2900
Runkelrübe	2400	2700
„ (zur Ausbildung der Früchte)	2400+1500	2700+1800
Wasserrübe (zur Ausbildung der Wurzel)	1400	1600
Kohlrübe	1550	1800
Winter-Raps	2300	2500
Winter-Rübsen	2100	2300
Sommer-Raps	1700	1900
Sommer-Rübsen	1600	1750
Kartoffel	1300	3000
Tabak	3200	3600
Lein	1600	1850
Spörgel	1000	1350
Sonnenblume	2600	2850
Mohn	2250	2780
Leindotter	1580	1790
Erbse	2100	2800
Linse	1500	1800
Fisole	2400	3000
Pferdebohne	2300	2940
Wicke	1780	1920

	Temperatursummen in Graden Celsius	
	Minima	Maxima
Platterbse	2260	2450
Kichererbse	2170	2840
Sojabohne	2500	3000

So wie für die Gesammtentwicklung Temperatursummen berechnet werden, ebenso kann man auch für die einzelnen Entwicklungsphasen solche Wärmesummen berechnen. Als solche Phasen wären z. B. für Getreide zu betrachten:

a) Die Zeit vom beendeten Anbau bis zum Auflaufen der Saat,

b) die Zeit vom Auflaufen der Saat bis zur Zeit des Schossens und der Blüthe,

c) die Zeit von der Blüthe bis zur ersten Reife,

d) von der ersten Reife bis zur Ernte.

Auf die ersten Abschnitte bis zur Blüthe entfällt der längere Zeitraum; auf die Zeit nach der Blüthe bis zur Reife kommt immer nur ein kleinerer Bruchtheil der ganzen Vegetationsperiode.

Die Mehrzahl der landwirthschaftlichen Culturgewächse braucht nur einige Wochen vom Blüthetage bis zur Reife der Einzelnfrucht und wenn im Grossen und Ganzen die Blüthe und Schnittreife durch grössere Zeiträume als die genannten getrennt sind, so liegt der Grund in der längeren Blüthedauer derselben Pflanze. Noch schneller als die Culturpflanzen reifen manche Unkräuter, die oft schon in einer Woche nach der Blüthe reifen Samen gebildet haben.

Der Contrast zwischen der Vegetation südlich und nördlich gelegener Erdstriche wiederholt sich, wenn wir die Vegetation bedeutender Höhen mit jener tief gelegener Gegenden vergleichen. Denn die Erhebung über die Meeresfläche wirkt ebenso, wie die Zunahme der geographischen Breite. Auf hohen Gebirgen verändert sich die Vegetation in ihren Formen und verschwindet an der Grenze des ewigen Schnees fast gänzlich, ebenso wie sie auch über den Polarkreis hinaus aufhört; in beiden Fällen aus derselben Ursache, wegen der Abnahme der Wärme. Es schwinden bei einer Erhebung von 400 bis 500 Meter in unseren Breiten Südfrüchte, Wein und Mais; bei 800 bis 1000 Meter vermag auch das Wintergetreide die Rauhheit des Klimas nicht mehr zu ertragen, und nur

Gerste, Hafer und Buchweizen, Kartoffeln, Wasserrüben finden noch ein spärliches Fortkommen, bis endlich jeder Ackerbau aufhört und ein breiter Gürtel von Grasland oder Wald an seine Stelle tritt; aber auch dieser verliert bei 1500 bis 2000 Meter an Wüchsigkeit und Geschlossenheit, bis schliesslich auch das Krummholz verschwindet und nur noch Graswuchs während des kurzen Sommers sich vorfindet, der unterhalb noch für Rinder taugt, weiter oben aber auch für Schafe zu spärlich wird. Kahles Gestein und ewiger Schnee setzen hier wie in den Polarländern jeglicher Vegetation ein Ziel; die mittlere Jahrestemperatur sinkt auch hier wie in den Polarländern auf viele Grade unter den Gefrierpunkt.

Wir können also verschiedene Vegetationszonen auch nach ihrer Höhenlage unterscheiden: der subarktischen Zone wird die subalpine, der arktischen die alpine, der polaren diejenige des ewigen Schnees entsprechen. Dabei wird aber hinzuzufügen sein, dass die Grenzen der einzelnen Höhengürtel bald höher hinauf, bald tiefer herabrücken, je nachdem das Gebirge südlicher oder nördlicher gelegen, massenhaft oder kuppenförmig ist. Während die Grenze des ewigen Schnees unter den Tropen bis auf 4000 Meter zurückweicht und sich bei uns auf 2200 bis 2500 Meter herabsenkt, fällt diese Grenze am Nordpol mit der Meereshöhe zusammen. An den südlichen Abhängen rücken die einzelnen Vegetationszonen mit der Schneegrenze weiter hinauf, an den nördlichen ziehen sie sich weiter herab. Die Fichte erhebt sich

in der	nördlichen	Alpenkette	bis auf	1800	Meter
„ „	centralen	„	„ „	2000	„
„ „	südlichen	„	„ „	2200	„

In der nördlichen Alpenkette hört der Weinbau schon in einer Höhe von 330 Metern gänzlich auf, am Aetna vermag er sich bis zu einer Höhe von 1100 Metern zu erhalten. Nirgends auf der Erdoberfläche nimmt man die durch die Erhebung verursachte Wärmeabnahme und den dadurch hervorgebrachten Scenenwechsel im Pflanzenwuchse besser wahr, als in den Aequatorialgebirgen und nicht ohne Bewunderung gelangt der Europäer in einigen Stunden aus glühenden Landstrichen, welche die Banane und den Cacao reifen und die Palmen erzeugen, zu unfruchtbaren und mit ewigem Schnee

bedeckten Regionen. „In jedem Felsen der etagenartig übereinander liegenden Klimate," sagt A. v. Humboldt, „finden sich hier die Gesetze der Wärmeabnahme und der geographischen Verbreitung der Pflanzenformen eingegraben, wenn die Schrift gleich nur dem Kundigen lesbar ist."

Die Abnahme der Temperatur nach der Höhenlage ist eine ziemlich regelmässige und gilt dies sowohl für hohe wie niedrige Breiten; man rechnet auf je 100 Meter Erhebung 0·56° C. oder 0·448° R. Nach Hann nimmt die Wärme bei einer Erhebung von 632 Fuss um circa 1° R. ab, was von der früheren Angabe wenig verschieden ist. Für je 1·5 Grad geographischer Breite rechnet man gleichfalls auf eine Wärmeabnahme von 1° R. oder 1·25° C., was also ungefähr der Erhebung von 200 Metern entspricht.

Die Beobachtungen von Fritsch lehren, dass die Blüthezeit bei krautartigen Pflanzen mit der Zunahme der geographischen Breite um 1° um 2·9 Tage, die der Bäume um 3·8 Tage später falle. Wer im Frühjahr innerhalb eines recht kurzen Zeitraumes eine weite Reise vom Norden nach Süden macht, wird sich hievon durch den Augenschein ganz auffällig überzeugen können.

Nach Berghaus verspätet sich in Sachsen bei einer Erhebung um 335 Meter

bei Weizen . . .	die Blüthe	um	22	Tage,	die Ernte	um	22	Tage
„ Roggen . . .	„	„	13	„	„	„	22	„
„ Hafer . . .	„	„	20	„	„	„	14	„
„ Gerste . . .	„	„	22	„	„	„	22	„
„ Kartoffeln . .	„	„	23	„	„	„	5	„

Im Hochgebirge erfolgt die Verspätung stufenweise mit der Höhe; nach Wessely verfliessen in den Centralalpen zwischen Blüthe und Reife:

	Kirschen	Winter-Roggen	Gerste
bei 500—670 Meter Höhe	51 Tage	44 Tage	44 Tage
„ 670—1000 „ „	69 „	46 „	47 „
„ 1000—1340 „ „	78 „	47 „	47 „
„ 1340—1670 „ „	83 „	50 „	48 „

Aber auch bei derselben geographischen Breite und derselben Höhenlage hat noch die geographische Länge einen grossen Einfluss auf das Klima einer Gegend. Es ist von Wichtigkeit, ob sie sich mitten in einem Continente oder aber in der Nachbarschaft des Meeres befinde; denn die geringe

Veränderung, welche das Meer hinsichtlich seiner Temperatur erleidet, die Langsamkeit, mit der sich eine so enorme Masse erwärmt und abkühlt, mässigen die Hitze des Sommers und die Winterkälte solcher Orte, die in seiner Nähe liegen.

Ein sehr auffälliges Beispiel von oceanischen Temperatur-Verhältnissen zeigen die Aucklandsinseln, auf welchen die Wintertemperatur, obwohl sie unter dem 50° s. Br. liegen, dennoch nicht unter 5·5° C. herabgeht, wohl aber sich bis auf 10° C. und darüber erhebt. Das Gleiche sieht man auf den Falklandsinseln, unterm 51° bis 53° s. Br. gelegen, die im kältesten Monat eine Mitteltemperatur von 3° C. besitzen; für den wärmsten Monat haben sie eine Mitteltemperatur von 13° C. bei einem Jahresmittel von 8·3° C. Einen solchen Charakter des Küsten- und Inselklimas zeigen in ausgesprochener Weise auch Island, Irland, England und das westliche Schottland, das nördliche Norwegen, überhaupt die Westküsten Europas. Die Winter sind milder, die Sommer sind kühler, die Temperaturen sind ausgeglichener, die Temperatur-Differenzen zwischen den Wärmemitteln der einzelnen Jahreszeiten und der einzelnen Monate sind geringer; es besorgt diese Ausgleichung der atlantische Ocean, wobei insbesonders auch die erwärmten Wassermassen, welche der Golfstrom mit sich führt, einen grossen Antheil übernehmen. Deshalb gedeiht an der Küste von Glenarn in Irland in einer Breite von 55° n. Br. die Myrthe ebenso gut wie in Portugal, denn es friert dort im Winter selten; aber die Wärme des Sommers ist nicht hinreichend, um die Trauben zur Reife zu bringen. Auch an der Südküste Englands sind die Winter gemässigt und die Winterwärme hält sich dort auf 4 bis 5° C., obwohl die mittlere Jahreswärme kaum 10° C. übersteigt. Deshalb hört dort der Graswuchs auch im Winter nicht auf, deshalb bleiben dort die Turnips über den Winter auf dem Felde, im Boden; das Vieh befindet sich den ganzen Winter hindurch auf der Weide und bedarf nur leichter Stallungen; aber die Ernten fallen spät in den Sommer und der Mais und der Weinstock gedeihen nicht mehr.

Im entgegengesetzten Sinne wirkt die Entfernung vom Meere, die continentale Lage eines Ortes; sie erhöht die Temperatur des Sommers, erniedrigt die Temperatur des Winters, schärft nicht nur die Gegensätze zwischen den Temperatur-

Extremen der einzelnen Jahreszeiten, sondern auch die der einzelnen Monate, selbst die der einzelnen Tage. Es tritt dieser Unterschied umsomehr hervor, je weiter die betreffende Gegend von den Küsten grosser Meere entfernt liegt. Ausgesprochener, wie z. B. in den Rheinlanden, macht sich geltend das continentale Klima Niederösterreichs; noch mehr tritt es in der ungarischen Ebene, noch ausgeprägter in den Steppen Russlands und in Centralasien hervor. Man ersieht dies deutlich an dem Beispiele dreier Orte, welche nahezu die gleiche Breite besitzen, aber hinsichtlich ihrer geographischen Länge sehr weit von einander entlegen sind.

Temperatur in Graden Celsius

	Geogr. Länge und Breite	Jahresmittel	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Kopenhagen .	55° 41′ n. Br. 10° 35′ g. L.	8·56° C.	−0·925°	+4·99°	+17·17°	+9·21°
Moskau . . .	55° 47′ n. Br. 35° 13′ g. L.	3·13° C.	−10·5°	+4·37°	+16·9°	+2·26°
Kasan . . .	55° 48′ n. Br. 64° 44′ g. L.	1·3° C.	−18·8°	+5·6°	+17·4°	+0.67°

Nicht nur die Temperatur-Differenzen der Jahreszeiten und einzelnen Monate, sondern auch die der einzelnen Tage werden durch das continentale Klima gesteigert. Die Zahl der Monate mit frostfreien Tagen vermindert sich und dadurch wird die Vegetationszeit für viele Pflanzen sehr gekürzt. In der mongolischen Hochebene wechseln nach Przewalski selbst im Mai mit Tagen, an welchen die Temperatur bis auf 30° C. steigt, bitterkalte Tage ab, deren Temperatur auf 5 bis 6° C. herabsinkt, und im Monat August, der noch zu den heissen Monaten zählt, kommen in der zweiten Hälfte schon in der Regel Nächte mit stärkeren Frösten vor.

Während die Temperaturen, wie solche selbst an heissen Sommertagen auf die Pflanzen einwirken, nur selten das Maximum, das die Pflanzen ertragen können, überschreiten, ist dagegen der schädliche Einfluss starker Fröste weit häufiger fühlbar. Im Winter allerdings, wo alle Pflanzen in einem schlafenden Zustande sich befinden, ist die Gefahr des Erfrierens nicht gross. Von den Samen wissen wir bereits, dass sie im trockenen Zustande ohne Nachtheil so niedrige Temperaturen, als überhaupt auf der Erde vorkommen, ertragen können, ohne zu erfrieren. Sind sie angequollen, so sind sie allerdings mehr bedroht, allein auch

in diesem Zustande können sie meist Frostgrade von 10 bis 15° C. ohne Nachtheil ertragen und in der Regel sind sie ja im Winter in der Erde, unter Laub und Schnee vor heftigeren Frösten geschützt. Eine grössere Widerstandsfähigkeit besitzen auch die Knospen an den Zweigen unserer Obst- und Waldbäume, so lange ihr Wassergehalt ein niedriger ist und die Knospenschuppen vollkommen geschlossen sind. Laubknospen sind härter als Blüthenknospen; noch später aber als die Laubknospen erfriert das Cambium der Zweige, das der Aeste und zuletzt erst das des Stammes. Es sind nur wenig genauere Angaben über die Frostgrade bekannt, bei welchen die jüngeren Zweige der holzartigen Gewächse erfrieren. So erfrieren z. B.:

Myrthen und Orangen	bei	3·5— 5° C.
Cypressen und Feigen	„	9 —11°
Rosen	„	22°
der Weinstock	„	26°
Pfirsiche und Kastanien	„	34 —36°
Pflaumen-, Kirschen- und Nussbäume	„	37 —38°
Aepfel- und Birnbäume	„	39 —40°

Bei 1 bis 1·5° C. erfrieren *Cucumis sat.*, *Cucurbita pepo*, *Phaseolus nanus* und *multiflorus*, *Cicer*; bei 2° C. *Holc. sorghum* und *Zea Maïs*, *Ricinus communis*, *Solanum Lycopersicum*; bei 2 bis 3° C. *Solanum tuberosum*; bei 3 bis 5° C. *Lathyr. sat.* *Vicia faba*; bei 5 bis 6° C. *Ervum lens*, *Vicia sativa*; bei 6 bis 8° C. *Medic. sat.*; bei 10° C. *Trif. sat.*; bei 10 bis 14° C. *Hordeum*; bei 14 bis 20° C. *Trit.* und *Secale*; bei 20 bis 24 *Brassica*-Arten. Flechten, Laubmoose sind unempfindlich gegenüber Frösten; niedere Algen gleichfalls; höher stehende, wie Charen, aber schon für wenige Grade unter 0 empfindlich.

Bäume, an welchen die jüngeren Aeste abgefroren sind, können noch Adventivknospen aus ihrem Stamme entwickeln und sich auf diese Weise nach ungewöhnlich strengen Wintern wieder verjüngen.

Besser geschützt wie die Bäume mit ihrer in die Luft ragenden Krone sind die krautartigen Gewächse der Weiden und Wiesen, sind die Wintersaaten unserer Felder, welche nur dann dem Ausfrieren in strengen Wintern ausgesetzt sind, wenn sie ohne Schneedecke bleiben und scharfen Winden preisgegeben sind. Doch liegen keine genauen Beobachtungen über die unteren Temperaturen vor, bei welchen in solchem

Falle der Winterraps oder der Winter-Weizen, Roggen oder Gerste erfriert. Keineswegs ist auch hiebei der Grad der Ausbildung und Entwicklung gleichgiltig; stärker bestockte Saaten leiden weniger als schwach bestockte, weil in dem dichteren Horste der Blätterbüschel einzelne Halme doch besseren Schutz finden. Auch darauf wird es ankommen, ob die Wintersaaten, bevor sie von einem strengen Frost heimgesucht werden, bei einer möglichst niedrigen oder einer höheren Temperatur ihr Wachsthum fortsetzten; denn es ist eine bekannte Thatsache, dass z. B. im Freien gezogene Pflanzen, welche sich von Jugend auf an die Unbilden der Witterung gewöhnen konnten, leichter den Winter überstehen, als die gleichen Pflanzen, die in Mistbeeten erzogen wurden. Offenbar ist unter den ersteren Verhältnissen die Structur der Zellmembran und des Protoplasmas eine andere, als wenn sie bei rascherem Wachsthum gebildet wird. In diesem Sinne muss die Möglichkeit der Acclimatisation, d. i. der Accommodationsfähigkeit solcher Pflanzen, die bisher auf wärmere Gegenden beschränkt blieben, zugegeben werden. Es ist denkbar, dass im Lauf der Zeit in einem kälteren Klima die Pflanzen die Beschaffenheit ihrer Zellmembranen wesentlich ändern und zwar in dem Sinne, dass sie den Frostwirkungen gegenüber immer widerstandsfähiger werden.

Ich gedenke hier eines Versuches, der mit zwölf Töpfen, in welchen verschiedene Samen gemischt angebaut worden waren, vorgenommen wurde.

Im Topfe 1—3 befanden sich Pflänzchen der Ackerbohne, Futterwicke, Möhre,
„ „ 4—6 Gerste, Erbse, Raps,
„ „ 7—9 Roggen, Mohn, Rothklee,
„ „ 10—12 Weizen, Lein, Luzerne.

In je einem Topf der einzelnen Gruppen waren die Pflänzchen in einem Warmkasten zum Keimen und Auflaufen bei 20 bis 24° C. gelangt, in den anderen zwei Töpfen jeder Gruppe fand das anfängliche Wachsthum bei 10 bis 12° C. statt. Als die Pflänzchen Ende December ungefähr jene Grösse erreicht hatten, in welcher sie zu überwintern pflegen, wurden sie im Januar theils in's Freie gebracht und in der Nacht stärkerer und schwächerer Frostwirkung ausgesetzt, theils gelangten sie in den Kältemischungs-Apparat, wo sie gleichfalls der Einwirkung bestimmter niederer Temperaturen unterworfen wurden. Es ergab

sich hiebei, dass alle Pflanzen, welche im Warmkasten aufwuchsen, bis auf Weizen und Roggen schon bei 6° C. erfroren, während sämmtliche bei 10 bis 12° C. zur Entwicklung gelangten Saaten vollständig intact blieben. Die letzteren überstanden auch einen Frost von 7° C., ohne merkbar afficirt zu werden; eine Frostnacht aber, in der die Temperatur auf 9 bis 10·5° C. herabsank, tödtete die Pferdebohnen, Wicken, die Möhren, den Mohn, den Rothklee, den Lein und die Luzerne gänzlich, den Raps und die Erbsen nur theilweise. Bei 12° C. ging auch die Gerste ein; Roggen und Weizen erfroren aber erst bei 20 bis 24° C.; der im Warmkasten erwachsene Weizen und Roggen erfror bereits bei 10 bis 12° C. Es ist wohl anzunehmen, dass der Frost auf die im Freien befindlichen Pflanzen, deren Wurzeln in tiefere Bodenschichten hinabreichen, weniger nachtheilig einwirkt, als bei Topfpflanzen, deren Erdballen in einer Frostnacht durch und durch gefriert. Aehnliche Versuche wurden auch mit Keimlingen, welche bei verschiedenen Temperaturen sich entwickelt hatten, und Keimlingen von verschiedenem Alter gemacht, wobei sich herausstellte, dass mit der sinkenden Keimungs-Temperatur eine Zunahme der Widerstandsfähigkeit des keimenden Samens oder des Keimpflänzchens verbunden ist. Jüngere Keimlinge sind in der Regel widerstandsfähiger; doch ist dies Verhältniss nicht bei allen Pflanzen dasselbe und kann sich sogar umkehren.

Die Gefahr des Erfrierens sowohl der kraut- wie der holzartigen Gewächse im Winter ist in der Regel nicht gross, vielmehr ist sie dann die höchste, wenn die Vegetation im Frühjahr schon erwacht ist, die Keimlinge auf Feldern und den Gartenbeeten aufgelaufen sind, die Knospen der Bäume und Sträucher sich geöffnet und junge Blätter entfaltet haben. Wenn dann in heiteren Frühlingsnächten die Abkühlung soweit fortschreitet, dass es bis zur Reif- und Frostbildung kommt, dann ist es in der Regel um alle empfindlicheren Pflanzen geschehen; es erfrieren Mais und Hirse, Kartoffeln, Runkelrüben, die Blüthen und Blätter der Obstbäume, und selbst die Blätter vieler Waldbäume, wie der Rothbuchen, Eschen, Erlen, Pappeln u. s. w., erscheinen wie versengt. Im Herbste werden von den Frösten in der Regel nur die spätreifenden Saaten getroffen: Grün- und Körnermais, Buchweizen, Hülsenfrüchte, namentlich Fisolen u. s. w.

Erfrorene Blätter und Pflanzentheile werden in Folge des Gefrierens ihres Zellinhaltes und der Erstarrung der Zellmembranen steif und brüchig; sonst sehen sie äusserlich, so lange sie im gefrorenen Zustande verbleiben, unverändert aus. Mit dem Aufthauen ändert sich aber dieses Aussehen wesentlich; die Stengel und Blätter zeigen ein welkes, schlaffes Aussehen, hängen herab, und sind sie mit dem Gefrieren auch erfroren, so gewinnen sie ihr früheres frisches Aussehen nicht wieder, vielmehr erfolgt eine rasche Verfärbung des Chlorophylls, in Folge welcher die erfrorenen Blätter eine dunkelbraune oder grünschwarze Farbe annehmen. Die Verfärbung der Blätter kann übrigens eine sehr verschiedene sein; bei Irideen, *Allium Lilium:* weiss; Cruciferen: weisslich gelb; Blätter der Bäume: roth, gelb; viele Grasblätter verfärben sich auch gar nicht oder werden glasartig durchsichtig. Solche Blätter trocknen viel rascher, als, unter gleichen Umständen abgeschnitten, nicht erfrorne Blätter trocknen würden. Sind die erfrornen Pflanzentheile fleischig und saftig, so fliesst aus ihren Schnittflächen beim Aufthauen der Saft wie aus einem nassen Schwamm heraus, während bei normalen nicht gefrorenen Pflanzentheilen nur so viel Saft austritt, als in den durchschnittenen Zellen enthalten war. Eine andere Veränderung, welche namentlich stärkehaltige Pflanzentheile, z. B. die Knollen der Kartoffeln, beim Gefrieren erleiden, besteht darin, dass sich die Stärke zum Theil in Fruchtzucker umwandelt; gefrieren Runkelrübenwurzeln, so erfolgt eine Umwandlung des Rohrzuckers in die nicht krystallisirbaren Modificationen.

Wollen wir nun die Frage beantworten, worin die eigentliche Ursache des Gefrierens der Zellen und der Pflanzentheile besteht, so haben wir nun verschiedener Ansichten hierüber zu gedenken:

1. Nach Einigen soll in Folge des Gefrierens des Zellinhaltes die Zelle zersprengt werden; Folge dieser mechanischen Verletzungen sei eine Vermischung der Zellsäfte und die bald darauf eintretende Zersetzung und Entmischung derselben. Ein solches Zerreissen der Zellen kommt aber nur sehr ausnahmsweise vor, da alle Zellwände elastisch genug sind, um sich dem vergrösserten Volumen des gefrorenen Zellinhaltes anzupassen, d. h. sich circa um 10% ausdehnen zu können.

2. Nach Schacht erfolgt beim Gefrieren saftiger Pflanzentheile eine Trennung der parenchymatischen Zellen, so bei Kartoffeln, Rüben, Georginenknollen u. s. w., und er vermuthet, dass, wie die Frostwirkung eine Umwandlung der Stärke in Fruchtzucker hervorrufe, so auch die Intercellularsubstanz in eine lösliche Modification übergeführt werde, wobei das Zellgewebe mehr weniger in seine Elemente zerfalle und zerstört werde.

3. Die neuere plausiblere Ansicht über das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen ist folgende:

Das Wasser, welches in den lebenden Pflanzen gefriert, ist einerseits in einem Lösungsgemenge, andererseits in molecularer Form als Imbibitionswasser in den Zellmembranen enthalten. Nun ist es eine durch die Physik festgestellte Thatsache, dass eine gefrierende Lösung sich scheidet in reines Wasser, das zu Eis erstarrt und in eine concentrirtere Lösung, deren Gefrierpunkt tiefer liegt. Es wird also durch das Gefrieren eines Theiles des Zellsaftwassers der noch nicht gefrorne Theil des Saftes concentrirter. An allen gefrierenden Pflanzentheilen zeigen sich die äussersten Zellschichten mit einer ganz dünnen Eisschicht überzogen; das Gleiche beobachtet man an den innen gelegenen, an die Intercellularräume grenzenden Zellen. Beim Eintreten eines bestimmten Kältegrades gefriert eine äussert feine Wasserschicht, welche die Zellhäute äusserlich überzieht; es tritt sodann sofort aus der Zellhaut eine neue, sehr dünne Wasserschichte an die Oberfläche und gefriert gleichfalls, die schon vorhandene Eisschicht verdickend, und so geht es fort. Bei diesem Vorgang wird natürlich aus dem Zellsaft eine immer concentrirtere Lösung; die Zellhaut und das Protoplasma aber werden immer wasserärmer.

Etwas Aehnliches macht sich auch beim Gefrieren eines imbibirten quellungsfähigen organisirten Körpers geltend. Auch hier gefriert bei einem bestimmten Kältegrade nur ein Theil des imbibirten Wassers; der andere bleibt als Imbibitionswasser zwischen den Molekülen des Körpers, der dem entsprechend sein Volumen vermindert, sich zusammenzieht, während der gefrierende Theil des Imbibitionswassers von den Molekülen des imbibirten Körpers sich trennt und zu Eiskrusten verdichtet. Bei dem gefrornen Stärkekleister ist dies

auffällig; vor dem Gefrieren eine homogene Masse, erscheint er nach dem Aufthauen als ein schwammiges Gebilde, aus dessen Hohlräumen das Wasser klar abläuft; ähnlich verhält sich auch gefrorenes und wieder aufgethautes Hühner-Eiweiss.

Wenn nun beim Aufthauen gefrorener Pflanzen das Protoplasma und die Zellmembran nicht mehr im Stande sind, die Moleküle des aufthauenden Wassers wieder zwischen sich aufzunehmen und ihren früheren Zustand wiederherzustellen, so gehen sie zu Grunde; vermögen sie dies aber zu thun, so bleiben sie am Leben. Man theilt demnach die Pflanzen ein in solche, die erfrieren und in solche, die nicht erfrieren, obwohl dies relative Begriffe sind. Denn manche Pflanzen, die bei einer Temperatur von 0 Grad nicht erfrieren mögen, erfrieren bei 5^0 oder bei 10, 15 und mehr Graden unter 0; andere, die bei langsamem Aufthauen nicht erfroren wären, erfrieren bei raschem Aufthauen; wieder anderen, denen ein einmaliges Gefrieren nicht schadet, wird es verderblich, wenn es sich öfter wiederholt; saftarme Pflanzen derselben Art bleiben vielleicht bei einer bestimmten Temperatur verschont, während saftigere Pflanzen zu Grunde gehen.

Findet das Aufthauen langsam statt, so schmilzt die Eiskruste allmälig; das flüssig werdende Wasser kann sofort von der Zelle aufgesogen und die ursprünglichen Verhältnisse der Zellsaftlösung, der Imbibition der Zellwand und des Protoplasmas können wiederhergestellt werden. Wenn dagegen die Eiskruste rasch aufthaut, so läuft ein Theil des Wassers ab, bevor es aufgesogen wird; die ursprünglichen normalen Concentrationsverhältnisse und Imbibitionszustände der Zellmembran können sich nicht wiederherstellen, was eben bei erfrierenden Pflanzen den Tod hervorruft.

Leicht erklärt sich auch, warum ein geringerer Wassergehalt der Pflanze ihr Erfrieren eher verhindert; denn je wasserärmer die Gewebe sind, um so concentrirter sind die Säfte, ein desto grösserer Theil des Wassers ist durch Imbibitionskräfte festgehalten, und die Störungen durch das Gefrieren eines Theiles des Zellinhaltes haben einen geringeren Grad und Bedeutung.

Endlich ist es auch erklärlich, warum die Pflanzen leichter gefrieren, wenn sie sehr tiefen Kältegraden ausgesetzt waren.

Denn je tiefer die Temperatur sinkt, ein desto grösserer Theil des Zellsaft- und Imbibitionswassers wird in Eis verwandelt; die Störung der Saftconcentration und der Imbibitionszustände wird mit zunehmender Kälte immer grösser, die Wiederherstellung des normalen Zustandes beim Aufthauen immer schwieriger.

Will man bereits gefrorene Pflanzentheile oder Pflanzen vor dem Erfrierungstode retten, so kann man nur zu einem recht langsamen Aufthauen seine Zuflucht nehmen; je langsamer das Aufthauen erfolgt, um so sicherer die Wirkung. Gefrorene Kartoffeln dürfte man daher nicht in Brunnenwasser von 6 bis 8° C. bringen, weil sie hier gerade schnell aufthauen würden, sondern müsste sie mit Schnee umhüllen und langsam im Schnee- und Eiswasser aufthauen lassen. Werden gefrorene Pflanzen begossen, so bildet sich auf ihrer Oberfläche eine dünne Eiskruste, welche, indem sie allmälig schmilzt, gleichfalls das Aufthauen verzögert. Folgt nach einer Frostnacht ein heiterer klarer Tag, an welchem sich in Folge der Insolation die Temperatur rasch erhöht, so ist der Schade durch den vorausgegangenen Frost ein viel intensiverer, als wenn der Frostnacht ein trüber kalter Tag gefolgt wäre. Eine Abkühlung, welche bei trübem Wetter von einem Schneefall begleitet erfolgt, ist deshalb in der Regel auch von keinerlei schädlichen Folgen begleitet.

Zumeist sind die Mittel, welche gegen den Frostschaden bewahren sollen, vorbeugende. Da die schädliche Abkühlung zumeist durch Ausstrahlung herbeigeführt wird, so verhindert man den Wärmeverlust durch Ausstrahlung mittelst Bedeckung. Hiezu dienen Bedeckungen aller Art; Stürze aus gebranntem Thon, Glasglocken, Matten aus Stroh und Rohr, Bretter u. dgl. Selbstverständlich lässt sich ein solcher Schutz nur für eine beschränkte Zahl von Pflanzen anwenden und wird kostspielig und fast unerschwinglich bei grossen Flächen. Immerhin wird sich bei kostspieligen und werthvollen Weingärten ein solches Inventar bezahlt machen, will man nicht die herabgebogenen Reben durch Erdbedeckung schützen. Es wird später Schnitt empfohlen, ebenso die Auswahl von spät austreibenden Sorten. Das Bedecken mit Tannenästen hat in Deutschland in den letzten Jahren sehr schlechte Resultate ergeben; die vielen

Nadeln und Spitzen haben die Ausstrahlung vermehrt und die bedeckten Weingärten erfroren stärker als die nicht bedeckten.

Wiederholt wurde in neuerer Zeit des Rauches als eines Schutzmittels gedacht, um von grösseren Flächen den Frost abzuhalten. Es ist dies ein altes Mittel, welches schon Plinius erwähnt; es war nach Boussingault's Angaben auch den alten Inka's in Peru bekannt und heisst es an der betreffenden Stelle: „War dann bei einbrechender Nacht der Himmel klar, so verbrannten die Peruaner Mist, um Rauch zu erzeugen; ein Jeder in seinem Gehege, denn sie sagten, der Rauch wirke wie eine Wolkendecke und halte den Frost ab." Dass diese Massregel wirksam sich erweisen müsse, hat Tyndall gezeigt, der nachwies, dass die Durchstrahlbarkeit der Luft für die weniger brechbaren dunklen Wärmestrahlen sehr bedeutend vermindert wird, wenn derselben verschiedene Gase: Kohlensäure, Kohlenoxyd, Ammoniak, Wassergas u. s. w., beigemischt werden. Indessen dürfen sich an die Wirkung der Rauchfeuer keine besonders grossen Erwartungen knüpfen. Nur wenn die Abkühlung nicht unter 1. bis 2° C. reicht und die Luft ruhig stagnirt, die Rauchdecke sich also gleichförmig ausbreiten und bis zu einer ansehnlicheren Höhe verdichten und ansammeln kann; wenn von etwa 15 zu 15 Meter je eine Rauchentwicklungsstelle vorhanden ist: wird die Wirkung merkbar sein. Sobald der Frost ein stärkerer und die unter 0 abgekühlte Luft stark in Bewegung ist, wird die Wirkung fast ganz unmerkbar. Als Material zur Rauchentwicklung benützt man feuchtes Stroh, feuchten Stallmist, Theer und dergleichen. Die Nessler'schen Räucherungskuchen, welche empfohlen werden, bestehen aus 4 Theilen Sägespänen, 1 Theil Theer und 1 Theil Salpeter.

Als einen Beweis für die geringe Wirksamkeit der Rauchfeuer bei bewegter Luft führe ich Temperatur-Beobachtungen an, welche im Jahre 1876 in den Frostnächten des Mai im Versuchsgarten der Hochschule für Bodencultur durchgeführt worden sind. Die vordere Hälfte des Mittelfeldes wurde mit Rauch überzogen, die hintere Hälfte nicht; auf der einen und anderen Abtheilung wurden je 5 Thermometer vertheilt und die Temperatur von 30 zu 30 Minuten abgelesen. Diese Temperatur-Anzeigen waren folgende:

	Mittel von 6 Thermometern: Feld mit Rauch	Mittel von 4 Thermometern; Feld ohne Rauch
10^h 30′	$+2{\cdot}01^0$ C.	$+1{\cdot}87^0$ C.
11^h —	$+1{\cdot}52^0$ „	$+1{\cdot}62^0$ „
11^h 30′	$+1{\cdot}53^0$ „	$+1{\cdot}40^0$ „
12^h —	$+1{\cdot}06^0$ „	$+0{\cdot}77^0$ „
12^h 30′	$+0{\cdot}78^0$ „	$+0{\cdot}62^0$ „
1^h —	$+0{\cdot}38^0$ „	$+0{\cdot}27^0$ „
1^h 30′	$+0{\cdot}13^0$ „	$+0{\cdot}07^0$ „
2^h —	$-0{\cdot}15^0$ „	$-0{\cdot}30^0$ „
2^h 30′	$-0{\cdot}73^0$ „	$-0{\cdot}50^0$ „
3^h —	$-0{\cdot}86^0$ „	$-0{\cdot}72^0$ „
3^h 30′	$-0{\cdot}90^0$ „	$-0{\cdot}95^0$ „
4^h —	$-1{\cdot}15^0$ „	$-1{\cdot}02^0$ „
4^h 30′	$-1{\cdot}14^0$ „	$-1{\cdot}25^0$ „
5^h —	$-0{\cdot}96^0$ „	$-0{\cdot}95^0$ „
5^h 30′	$-0{\cdot}05^0$ „	$-0{\cdot}30^0$ „
Im Mittel	$+0{\cdot}098^0$ C.	$+0{\cdot}042^0$ C.

Auch in der Weise kann dem Erfrieren vieler Pflanzen vorgebeugt werden, dass man das Erwachen ihrer Vegetation verzögert; sie werden in schlechte Wärmeleiter eingebunden, wodurch man einerseits ihre zu weit gehende Ausstrahlung und Abkühlung in kalten heiteren Winternächten verhindert, andererseits auch ihrer zu starken Erwärmung an hellen, warmen Frühlingstagen vorbeugt. Noch wirksamer erweist sich die Verzögerung des Aufthauens des Bodens durch schlechte Wärmeleiter, welche in der Umgebung des Stammes in einer stärkeren Schicht angehäuft werden, wie Stroh, strohiger Dünger u. s. w., was schon im Februar oder Anfang März zu geschehen hätte, so lange der Boden noch gefroren ist.

Durch strengen Frost erfolgen an den Bäumen nicht selten starke Risse und Sprünge, die plötzlich mit lautem Knall entstehen können. Tritt plötzlich heftige Kälte ein und verengt sich die stärker abgekühlte Rinde und die äussere Holzschicht, so ist die Wirkung dieselbe, als wenn der Kern des Stammes sich verdickte und die Risse, welche entstehen, sind radiale. Umgekehrt aber, wenn nach strengem Froste, der die Stämme bis aufs Mark abgekühlt hat, plötzliches Thauwetter eintritt und die äusseren Rindenschichten und die äusseren Holzringe sich stark ausdehnen, so ist die Wirkung die gleiche, als wenn der Kern sich plötzlich zusammenzöge und die entstehenden Risse sind tangentiale. Eine solche Ver-

letzung der Stämme ist selbstverständlich immer unerwünscht, weil sie das Eindringen des Wassers gestattet und den ersten Anlass zur Kernfäule oder Ansiedlung von diversen Parasiten bieten kann.

Der Frost schädigt aber die Bäume nicht nur insofern als er die jungen Blätter tödtet und mechanische Verletzungen der Stämme bewirkt; er vermag auch den Cambialring zu tödten und damit den Tod der ganzen Pflanze herbeizuführen. Es ist diese Gefahr vorhanden, wenn nach erfolgtem lebhaften Safteintritt in den Stamm noch stärkere Fröste sich einstellen. Es zeigt sich bald darauf das Cambialgewebe dunkler verfärbt, bräunlich grau; der Zuwachs an Blättern wird immer spärlicher, viele Zweige trocknen ganz ab, die stärkeren Aeste und der Stamm kümmern kürzere oder längere Zeit noch fort, bis auch diese allmälig unter Verfärbung ihrer inneren Rindenschichten und des Cambialringes abtrocknen. Auf diese Art gehen in Jahren, in welchen nach erfolgter Belaubung der Bäume noch starke Fröste eintreten, oft Tausende von Obstbäumen, jungen und erwachsenen, zu Grunde. Kernobst ist empfindlicher als Steinobst. In solchen Fällen kann man durch starkes Zurückschneiden der Krone oft noch dem gänzlichen Absterben vorbeugen.

Auch Saaten krautartiger Gewächse, die vom Froste nicht getödtet werden, kränkeln hinterher noch lange und können sich schwer erholen, so dass frische Saaten, die erst nach dem Froste gebaut worden sind, sie noch zu überholen vermögen.

ZWEITER ABSCHNITT.

Das Licht.

Die mannigfaltige Abstufung der Insolation, welche der Vegetation zugute kommt, wird ersichtlich, wenn man die längsten und kürzesten Tage in verschiedenen Breiten gegenüberstellt. So dauert der längste Tag und die kürzeste Nacht

am Nordpol	186 Tage	0
unter 80° n. Br.	134 „	0
„ 70° „	6 „	0
„ 60° „	18h 30′	5h 30′
„ 50° „	16h 9′	7h 51′
„ 40° „	14h 51′	9h 9′
„ 30° „	13h 56′	10h 4′
„ 20° „	12h 35′	11h 25h
„ 0° „	12h	12h

Weil aber die Sonnenhöhe in verschiedenen geographischen Breiten verschieden ist, so ist auch die Intensität des zur Erde gelangenden Lichtes wesentlich verschieden. Sie nimmt vom Aequator gegen die Pole hin sehr bedeutend ab. Von 1000 Lichtstrahlen werden am Aequator 378 bis an die Oberfläche der Erde gelangen, unter dem 45° n. Br. nur 228, in der Polargegend nur 110.

Aber ausser der geographischen Breite nimmt auch die Höhenlage einen Einfluss auf die Lichtwirkung, insoferne als die Lichtstrahlen durch die dünneren Luftschichten weniger absorbirt werden, daher vollständiger zur Wirksamkeit gelangen als in grösserer Tiefe, bis zu welcher nur mehr ein Theil der Lichtstrahlen gelangt. Darin liegt die Ursache, warum die Erde und die Steine sowie die Pflanzen bei hellem Wetter in bedeutenderen Höhen sich stärker erwärmen und letztere selbst noch unter dem Schnee scheinbar bei 0 Grad wachsen und zur Blüthe gelangen.

Die Intensität der Beleuchtung und ihre Dauer wird ferner durch die Neigung des Terrains gegen die verschiedenen Himmelsgegenden mitbestimmt, wie dies aus folgender Zusammenstellung sich ergibt:

Exposition	Dauer der Besonnung zur Zeit der Aequinoctien	Dauer der Insolation zur Zeit des Sommer-Solstitiums	die Sonne steht dem Abhang gegenüber
Südosthang .	ganze Morgenh. + $^1/_2$ der Abendh. = 9 St.	die Morgenhälfte = $^1/_3$ der Abendh. = 12 St.	um 9h Morgens
Südhang . . .	ganzer Tag 12 St.	$^2/_3$ der Morgenhälfte + $^2/_3$ der Abendh. 12 St.	Mittags
Südwesthang	$^1/_2$ der Morgenhälfte . . . + ganze Abendh. . = 9 St.	$^1/_3$ der Morgenhälfte + ganze Abendh. 12 St.	um 3h Nachmittags
Nordosthang .	die 3 ersten Morgenstunden	die 6 ersten Morgenstunden	nur zur Solstitialzeit gerade beim Aufgang
Nordhang . .	keine Stunde	die 3 ersten Morgen- und 3 letzten Abendstunden = 6 St.	Niemals
Nordwesthang	die 3 letzten Abendstunden	die 6 letzten Abendstunden	nur zur Zeit des Solstitiums gerade beim Untergang.

Nicht nur die directen Sonnenstrahlen, die directe Insolation, fördern das Wachsthum der Pflanzen und ermöglichen die Bildung organischer Substanz; auch diffuses Licht ist wirksam. Der wesentliche Einfluss nämlich, den die Sonne auf die Atmosphäre ausübt, besteht darin, dass diese letztere sammt den suspendirten Beimengungen durchleuchtet und in bestimmten

Farben leuchtend gemacht wird. Die Farbe und Intensität dieses diffusen oder Luftlichtes ist für die Pflanzenwelt von nicht geringer Bedeutung, denn gar viele Stellen der Erde, wohin die Sonne wegen vorstehender Berge, Hügelböschungen, Bäume und Wälder, Gebäude u. s. w. niemals oder selten direct scheint, sind vorwiegend auf den Einfluss des diffusen Lichtes angewiesen.

Auch das Licht des blauen Himmelsgewölbes haben wir als weisses Licht aufzufassen; es ist nicht blau wie das Licht, welches durch blaues Glas durchgeht, es beleuchtet keinen Gegenstand mit blauem Lichte, es zeigt sich zusammengesetzt wie das weisse Licht, hat alle Elemente des Spectrums und wirkt optisch und chemisch ganz als weisses Licht. Nur durch das Zusammenwirken des von weissen Theilchen reflectirten Lichtes mit dem nicht ganz verhüllten schwarzen Hintergrunde des Weltraumes entsteht im Auge die subjective Empfindung der blauen Farbe.

Weisses Licht empfängt die Erdoberfläche nicht nur vom blauen, sondern auch vom wolkenbedeckten Himmel; sind nur einzelne Wolken am Himmel, so rührt ihr Licht nicht nur von zerstreuten, sondern auch gespiegelten Strahlen her und ist intensiver; es ist blendender für die Augen und auch chemisch wirksamer als das weisse Licht des blauen Himmels. Ist der ganze Himmel mehr weniger bewölkt, so ist das Licht mehr oder weniger durch Absorption abgeschwächt. Am Morgen und Abend werden die Pflanzen auch von gelbem und rothem Licht in verschiedenen Nuancen beleuchtet. Bei uns wirkt dieses Licht nur durch kurze Zeit in den ersten Morgen- und späten Abendstunden, dagegen monatelang in den Polargegenden zwischen den Aequinoctien und dem Hochsommer.

Ob der in der Luft enthaltene unsichtbare Wasserdampf die Durchsichtigkeit der Atmosphäre vermehre oder vermindere, ist neuerdings wieder zweifelhaft geworden. Man nahm früher an, dass der atmosphärische Wasserdampf die Durchsichtigkeit vermehre, weil bekanntlich zu jenen Zeiten, wo die unteren Luftschichten viel Wasserdampf enthalten, wie nach Sommerregen, auch ihre Durchsichtigkeit besonders auffallend wird, so dass man entfernte Berge, Thürme u. s. w., die sonst nur unklar zu sehen sind, deutlicher und scheinbar näher gerückt sieht. Neuere Untersuchungen haben aber gezeigt, dass gerade

bei grösserem Dampfgehalte der Atmosphäre mehr Licht absorbirt, dieselbe also weniger durchsichtig wird, als bei trockener Luft. Möglicherweise aber gibt es zwischen Wasserdampf, der in Form von Nebelbläschen condensirt ist und vollkommen gasförmigem, mehrere Uebergangsstufen, die eine solche Verschiedenheit bedingen und noch näherer Erklärung bedürfen.

Die Methoden, um die Lichtintensität zu messen, sind noch nicht weit vorgeschritten. Die chemische Wirkung des Lichtes wird durch das schwächere oder stärkere Dunklerwerden von Stoffen (z. B. Papier), die mit Silbernitrat oder Chlorsilberlösung überzogen oder getränkt sind, gemessen. Auf diesem Wege hat Schall in Berlin gefunden, dass die Maxima der chemischen Wirkung des directen Sonnenlichtes um 12 Uhr Mittags in den einzelnen Monaten nach folgenden Verhältnisszahlen zu- und abnehmen:

Januar . . 12	Mai . . . 30	September . . 36
Februar . 24	Juni . . . 42	October . . . 33
März . . 33	Juli . . . 44	November . . 15
April . . 28	August . . 44	December . . 11

Auch die Intensität des Lichtes, welches vom blauen Himmelsgewölbe reflectirt wird, ist wiederholt in den einzelnen Jahreszeiten und Monaten in derselben Weise wie die des directen Sonnenlichtes gemessen worden, und fand Schall als Verhältnisszahlen für die Intensität des blauen Luftlichtes (Nachmittags 3^h gemessen)

Januar . . 6	Mai . . . 16	September . . 19
Februar . 9	Juni . . . 16	October . . . 13
März . . 12	Juli . . . 22	November . . 5
April . . 10	August . . 20	December . . 4

In neuerer Zeit ist die atmosphärische Photometrie insbesondere von Bunsen und Roscoe vervollkommnet worden. Sie haben festgestellt, dass gleichen Producten aus Lichtintensität und Insolationsdauer gleiche Schwärzungen auf Chlorsilberpapier von gleicher Empfindlichkeit entsprechen. Indem sie nun Apparate construirten, in welchen sensible Papierstreifen dem atmosphärischen Lichte des Himmelsgewölbes (nicht dem directen Sonnenlichte) zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten je durch eine bestimmte Zeitdauer ausgesetzt wurden, erhielten sie eine Reihe von Daten, die wenigstens einen Einblick in den Gang jener Lichtwirkungen gewähren,

welche in vielen Gegenden noch mehr als das directe Sonnenlicht der Pflanzenwelt zugute kommen. Die Gesammtwirkung der Insolation kann auf Grund der von Roscoe und Bunsen ermittelten Zahlen so ausgedrückt werden:

1. Setzt man die chemische Wirkung am kürzesten Tage = 1, so ist sie am längsten Tag = 25, bei Tag- und Nachtgleiche = 7.

2. Daraus folgt, dass die Zunahme der chemischen Wirkung vom Winter zum Frühling kleiner ist, als vom Frühling zum Sommer.

3. Die chemische Wirkung des Sonnenlichtes wird durch Nebel und Wolken weit bedeutender geschwächt, als man nach unserer Lichtempfindung glauben sollte, und sind die Einbiegungen der Curven offenbar auf solche kurzdauernde Trübungen der Atmosphäre zurückzuführen.

Recapituliren wir das Vorhergeschickte, so kommen wir zu folgenden Hauptsätzen:

1. Die verschiedenen Gegenden der Erde empfangen nach ihrer geographischen Breite, nach ihrer Erhebung über die Meeresfläche und nach den einzelnen Jahreszeiten verschiedene, aber berechenbare Gesammtmengen von allgemeiner Beleuchtung. Indessen treten doch bedeutende Abweichungen im Verfolg der einzelnen Jahrgänge ein, weil sich die Nebel- und bewölkten Tage nicht in gleicher Zahl jährlich wiederholen.

2. Die Beleuchtung besteht theils aus directen Sonnenstrahlen, theils aus weissem Luftlicht, theils aus abgeschwächtem weissem Wolkenlicht, und momentan auch aus gelbem oder gelbrothem Licht.

3. Der Antheil, welchen jede dieser Lichtgattungen an der Gesammtbeleuchtung hat, ist erst durch directe Beobachtungen und Aufzeichnungen für möglichst viele Punkte der Erde festzustellen, um insbesondere die Beziehungen dieses Verhältnisses zur Pflanzenwelt klarlegen zu können.

4. Die Intensität des Mondlichtes ist so gering, dass es beim Pflanzenwachsthum wohl kaum in Betracht kommt, doch sind hierüber gar keine genaueren Beobachtungen bekannt geworden.

Die Verbreitung der Pflanzen auf der Erde hängt nicht nur von den Einflüssen der Wärme, sondern auch in

hohem Grade, und zwar viel mehr als man früher annahm, von den Beleuchtungsverhältnissen der Standorte ab. Das hier waltende wichtige Gesetz lässt sich so ausdrücken: Die Culturwie wildwachsenden Pflanzen kommen nur innerhalb solcher Grenzen vor, in welchen ihnen nebst bestimmten Nahrungs-, Feuchtigkeits- und Wärmeverhältnissen auch eine bestimmte Lichtwirkung (Lichtintensität, Art und Dauer) geboten wird; fehlt diese bestimmte Lichtwirkung, so kommen sie, ungeachtet alle übrigen Bedingungen ihres Gedeihens vorhanden wären, doch entweder gar nicht oder nicht normal und nachhaltig fort. So gehört es zu den Lebensbedingungen der Alpenpflanzen, dass sie zur Zeit ihres späten Erwachens aus dem Winterschlafe sogleich täglich einer langen Lichtwirkung ausgesetzt sind; die Alpenrose verlangt, dass zur Zeit, wo sie ihre Knospen sprengt, die Tageslänge bereits 14 Stunden erreicht hat; gibt man ihr auch die Wärme, aber nicht dieselbe Lichtdauer, so kommt sie nicht mehr fort. Nach Kerner verlangt die Kiefer, um sicher fortzukommen, dass ihr zur Zeit, wo sie unter dem Einfluss einer Temperatursumme von 373° C. im Frühlinge zu treiben beginnt, mindestens eine 14stündige Tageshelle geboten sei. Die Zirbelkiefer muss zur Zeit, wo sie nach Empfang von 522·5° C. zu treiben beginnt, schon eine tägliche Beleuchtung von 16 Stunden geniessen u. s. w.

Der Gegensatz von Licht- und Schattenpflanzen ist schon berührt worden und haben die Botaniker seit jeher denselben anerkannt. Die Zahl der Lichtpflanzen ist allerdings überwiegend, indessen ist auch jene der Schattenpflanzen eine grosse. Zu letzteren gehören namentlich kryptogame Gewächse: Pilze, Flechten, Moose, Farnkräuter. Aber auch phanerogame Gewächse findet man in grosser Zahl im Dunkel der Wälder, im Schatten überhangender Felsen und in Spalten, wo nie ein directer Sonnenstrahl hingelangt; von solchen sind allbekannt: *Anemone nemorosa, An. ranunculoides, Oxalis acetosella, Orobus vernus, Vicia dumetorum, Geum urbanum, Lithospermum purpureo-coeruleum, Lathræa squammaria, Asperula odorata, Mercurialis perennis, Paris quadrifolia* u. s. w.

Die Mehrzahl der Gewächse verlangt weder die lichtesten noch die dunkelsten Standorte und kommen selbe unter den verschiedenen Abstufungen der mittleren Beleuchtung vor. Ob

die Lichtpflanzen selbst wieder ein verschiedenes Bedürfniss nach verschiedenen Lichtarten, für Morgen-, Mittags- und Abendsonne haben, wie dies die Gärtner für manche Gewächse behaupten, dies ist noch nicht vollständig sichergestellt.

Von entscheidendem Einflusse ist die Beleuchtung auf den Reichthum der Blüthen- und Fruchtbildung. Sendtner führt an, dass in Glashäusern, welche nur Seitenlicht empfangen, nur $^1/_{10}$ aller Pflanzen, in solchen, die Ober- und Seitenlicht erhalten, etwa $^1/_3$ aller eingestellten Pflanzen zum Blühen gelangt. Auch auf sonnigen Standorten findet man die Zahl der blühenden Pflanzen gleicher Art beiläufig dreimal grösser als an beschatteten. Am allerauffälligsten ist dieses auf Wiesen, die ganz frei liegen, und auf Waldwiesen, welche durch die benachbarten Baumwände stark beschattet werden. Aber nicht nur die Anzahl, auch die Vollkommenheit der Blüthen nimmt mit der Beleuchtung zu. Die Farbe der Blüthe wird übrigens in der Regel nicht beeinflusst, weil das Material zur Bildung des Farbstoffes ja nicht in der Blüthe erzeugt wird, sondern in die Blumenblätter einwandert. Nur bei wenig Blüthen, z. B. den Malvaceen, bemerkt man mitunter einen auffälligeren Farbenwechsel der Blüthe. Wenn auch die Qualität der Früchte in Beziehung zur Beleuchtung gebracht wird, so beruht dies hauptsächlich auf der Thätigkeit der chlorophyllführenden Zellen, welche unter der Wirkung des Lichtes natürlich eine erhöhte ist. Aber wir haben diesen Vorgang der Assimilirung seitens der chlorophyllführenden Zelle unter dem Einflusse des Lichtes schon ausführlich besprochen und brauchen hier nicht näher darauf einzugehen.

Zu gedenken ist noch des Farbenwechsels, den die ausdauernden Blätter mancher Holzgewächse im Winter erleiden. Diese Verfärbungs-Erscheinungen beruhen auf drei verschiedenen physiologischen Vorgängen:

1. Die Gelbfärbung, welche z. B. bei *Thuja, Pinus, Taxus* vorkommt, ist eine Folge der Zerstörung des vorhandenen Chlorophylls bei mangelnder Neubildung desselben. Ursache der Zerstörung ist das Licht. Die Verfärbung tritt deshalb vorzugsweise an den beleuchteten Partien der Blätter und Zweige auf.

2. Die winterliche Braunfärbung ist eine ebenso häufige Erscheinung wie die Gelbfärbung und tritt bei *Thujen, Wel-*

lingtonien, bei *Taxus*, *Sequoien* u. s. w. ein. Sie entsteht durch Bildung eines aus dem Chlorophyll hervorgehenden braungelben Farbstoffes. Unmittelbare Ursache der Verfärbung ist die Kälte, während das Licht die Vorbedingungen der Bräunung schafft. Weil das Licht, wenn auch indirect, Einfluss nimmt, bleibt auch die Bräunung auf die beleuchteten Partien beschränkt.

3. Die Rothfärbung ist auf die Entstehung von Anthocyan zurückzuführen, und erfolgt dessen Bildung bald abhängig bald unabhängig vom Lichte. Dieselbe ist häufig bei *Sedum*, *Sempervivum*, bei *Saxifragen*, bei *Ilex* und anderen.

DRITTER ABSCHNITT.

Niederschläge und Luftfeuchtigkeit.

Wir haben wiederholt auf die Unentbehrlichkeit des Wassers für die Vegetation hingewiesen und können uns aus Zahlen, die bereits mitgetheilt worden sind, eine Vorstellung von der Wassermenge machen, welche verschiedene Culturpflanzen während ihres Wachsthums aus dem Boden durch die Wurzel aufnehmen und mittelst ihrer Blätter transspiriren. Je nach der Pflanzenart und ihrer mehr oder weniger dichten Stellung wird diese Menge sehr verschieden sein; im Allgemeinen kann man sagen, dass im geringsten Falle (bei kurzlebigen, schwach transspirirenden und lockerstehenden Pflanzen) durchschnittlich pro Tag 2 Millimeter Regenhöhe benöthigt wird, im höchsten Falle aber 5 Millimeter, was sonach für 100 Vegetationstage 200 bis 500 Millimeter oder 7·5 bis 19 Zoll betragen würde. Nun ist hervorzuheben, dass dieser Wasserbedarf fast ausschliesslich nur durch die Niederschläge gedeckt werden kann und zwar sowohl durch jene, welche während der Vegetationszeit in den Boden gelangen, wie durch jene, welche vor derselben dem Boden zugute kamen. Im Boden gelangen sie nämlich in tiefere Schichten, wo sie, vor Verdunstung geschützt, lange Zeit aufbewahrt werden können, bis zur Zeit, wo dieser Feuchtigkeitsvorrath (Winterfeuchte) von den Wurzeln geholt wird. Und zwar wird der Wasserbedarf der Pflanzen deshalb fast ausschliesslich durch die tropfbar flüssigen Niederschläge oder durch Schnee gedeckt, weil das Wassergas,

welches überall in der Atmosphäre vorhanden ist, von den lebenden Pflanzen nicht aufgenommen und verdichtet werden kann; denn es ist auf das Bestimmteste nachgewiesen worden, dass die Pflanzen auch in vollkommen gesättigt feuchter Luft, also selbst während eines Regens, immer noch Wasserdunst abgeben. Es kann deshalb ein Mehr oder Minder von Wassergas in der Luft nur einen indirecten Einfluss auf die Wasserversorgung der Pflanzen ausüben.

In trockener Luft wird die Transspiration der Pflanzen beschleunigt und somit der Wasserbedarf vergrössert, in feuchter Luft wird das entgegengesetzte Verhältniss eintreten. Man kann daher ohneweiters sagen, dass die Pflanzen in wärmeren und trockenen Ländern auch mehr Wasser benöthigen, als in kühlen und feuchten Gegenden.

Es verdunsten aus einem mit Wasser stets vollgehaltenen Gefässe

	Mittlere Jahrestemperatur in Graden Celsius	Mittlere jährl. Verdunstung in Millimetern
in Tübingen	10·4	686
„ Rom	15·9	1976
„ der afrikanischen Steppe	?	9450

Auch Winde üben einen mächtigen Einfluss auf die Verdunstung, somit auf den Wasserbedarf der Pflanzen aus. Es geht dies hervor aus einigen Zahlenangaben Schübler's, der die tägliche Verdunstung von einer 1□' grossen Wasserfläche in verschiedenen Jahreszeiten bei ruhigem und windigem Wetter für Tübingen ermittelte:

	Anzahl der Pariser Cubikzoll Wasser, welche pro Tag von der 1 □' grossen Wasserfläche verdunsten bei	
Jahreszeit	Windstille	Wind
Winter	0·98	3·91
Frühling	8·51	11·68
Sommer	11·92	19·84
Herbst	6·57	14·94
Mittel des Jahres .	6·65	13·32

Im feuchten Seeklima, wo der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft durchs ganze Jahr 88 bis 90% betragen kann, ist die Transspiration der Pflanzen eine viel geringere, als im Innern der Continente, wo die relative Luftfeuchtigkeit auf 50 bis 60% herabsinkt. In Wüsten ist die Luft von ausserordentlicher Trockenheit und kann dort die relative Feuchtigkeit derselben bis auf 40% und darunter gehen.

In Wien beträgt der relative Feuchtigkeitsgehalt der einzelnen Monate:

December	84%
Januar	83%
Februar	80%
März	70%
April	62%
Mai	64%
Juni	64%
Juli	62%
August	66%
September	69%
October	77%
November	82%
Jahresmittel	72%

Aber auch eine tägliche Schwankung im Feuchtigkeitsgehalte der Luft ist zu beobachten, welcher in den frühesten Morgenstunden um 3^h im Sommer sein Maximum erreicht, gegen Mittag fortwährend abnimmt, in den Nachmittagsstunden das Minimum erreicht und bis zum Abend allmälig zunimmt, um in der Nacht wieder bis zum Maximum anzusteigen.

Was den Feuchtigkeitsgehalt der Waldluft anbelangt, so ist dieselbe in der Sommerszeit sowohl absolut als relativ feuchter als auf freiem Felde. Selbst bei gleichem absoluten Feuchtigkeitsgehalte wird der relative im Walde doch höher sein wegen der durchschnittlich im Sommer niedrigeren Wald-Temperatur. Nach Ebermayer's Beobachtungen ist der relative Feuchtigkeitsgehalt der Waldluft

im Frühling um	5·7%
„ Sommer „	9·28%
„ Herbste „	5·22%
„ Winter „	5·24%

höher als auf freiem Lande.

So wenig die Pflanzen die Luftfeuchte sich anzueignen vermögen, so wenig vermag das Wasserquantum, welches der Boden als hygroskopischer Körper anzuziehen und zu verdichten vermag, der Vegetation zugute kommen. Früher war die Meinung ziemlich allgemein verbreitet, dass hiedurch der ungenügende Regen ersetzt werden könne; jetzt weiss man bestimmt, dass darauf nicht im Entferntesten zu rechnen ist. Denn ein feuchter Boden, der selbst in solchem

Grade feucht ist, dass er das Wachsthum der Pflanzen noch zu unterhalten vermag, nimmt kein Wassergas auf, gibt solches durch Verdunstung nur ab; ja selbst ein Boden von solchem Feuchtigkeitsgehalte, bei welchem die Pflanzen bereits zu welken beginnen, verdunstet in feuchter Luft Wasser, statt solches aufzunehmen. Mit anderen Worten, das Maximum, welches irgend ein trockener Boden aus vollkommen mit Feuchtigkeit gesättigter Luft an Feuchte aufzunehmen vermag, genügt nicht einmal, um die Pflanzen auch nur auf ganz kurze Zeit frisch zu erhalten.

Die Hygroskopicität des Bodens kommt der Vegetation wenig zu statten; ebensowenig oder richtiger gesagt, nicht viel mehr, nützt ihr derjenige Niederschlag welcher als Thau bezeichnet wird, und haupstächlich bei feuchter ruhiger Luft und heiterem Himmel zu Stande kommt. Immer ist dabei die Befeuchtung der Pflanzen und des Bodens nur eine sehr oberflächliche; gerade dort, wo Regenmangel eintritt zur Zeit des grössten Bedarfes, da ist auch der Niederschlag an Thau ein sehr geringer oder fast Null. Gewonnen ist durch Thau in der Regel nur der Vortheil, dass die Verdunstung an den bethauten Pflanzen sistirt ist; dass sie in geringem Maasse auch ihren Wassergehalt erhöhen können; dass ein starker Thau gleich einem schwachen Regen die oberste Bodenschicht dennoch etwas durchfeuchtet und die feinsten Wurzelverzweigungen, welche gerade in dieser Schicht zumeist sich befinden, auch einen Theil solcher Niederschläge verwerthen können. Es ist wünschenswerth, dass die Grösse des Thauniederschlages in verschiedenen Gegenden genauer als bisher geschehen, festgestellt werde. Leider haben die bisher angewandten Methoden noch nicht die gewünschte Genauigkeit ergeben. Denn die Thaumenge richtet sich nach der Oberfläche; wenn also einerseits glatte flache Gefässe aus Blech oder Gefässe mit verschiedenen Erdproben gefüllt oder bewachsene Flächen als Auffangflächen für den Thau benützt werden und die Thaumenge aus der Gewichtszunahme berechnet wird, so erhält man sehr verschiedene Resultate.

Wenn die tropfbar flüssigen Niederschläge, die wir als Regen oder Schnee bezeichnen, in keiner Weise durch die Feuchtigkeit der Luft und die Hygroskopicität des Bodens

oder durch den Thau ersetzt werden können, so muss weiter auch noch berücksichtigt werden, dass nicht der gesammte Regen oder Schnee der Vegetation zugeführt wird, dass vielmehr ein Theil oberflächlich abfliesst, ein anderer von der Bodenoberfläche verdunstet, ein dritter in den Untergrund abfliesst und in die Drainröhren tritt. Man sagt deshalb, dass von dem jährlichen Gesammtniederschlag $^2/_5$ bis $^1/_3$ der Vegetation zugute kommen, doch kann auch nur $^1/_4$ bis $^1/_5$ zum Verbrauche gelangen.

Möllendorf und Wäge, welche Kästen von 1·3 Meter Höhe und 0·1 □Meter Grundfläche in die Erde versenkten und mit Thonerde, Lehmerde und lehmigem Sand, also mit Böden verschiedener Durchlässigkeit anfüllten, machten durch ein volles Jahr genaue Beobachtungen über die stattgehabten Niederschläge und die Menge des durchfiltrirten Wassers, welches unterseits an den Kästen abfloss und gesammelt wurde. Es zeigte sich, dass im Mittel

vom Thonboden nur . . . 15%
„ Lehmboden . . . . 33·4%
„ lehmigen Sand . . . 38·3%

des durch den Regen zugeführten Wassers abfloss. In den einzelnen Monaten verhalten sich aber die Mengen des abfliessenden Wassers ausserordentlich verschieden.

Schober in Tharand bestimmte die Niederschlagsmenge und gleichzeitig die Menge des pro Hektar durch die Drainröhren abfliessenden Wassers. Es ergab sich, dass das Verhältniss der abfliessenden Wassermenge zu der durch den Regen zugeführten in den einzelnen Monaten sehr variirt, von 1 bis 177%, und dass es im Mittel des ganzen Jahres 43% betrug. Bei diesen Versuchen wurde aber gar keine Rücksicht auf die Bewachsung des Bodens genommen.

Es wird also Alles darauf ankommen, dass die Niederschläge in ausreichender Menge auftreten, dass aber auch eine entsprechende Vertheilung der Niederschläge im Laufe des Jahres stattfinde. Für das mittlere Europa und den grössten Theil von Oesterreich ist die Zeit, wo die ausgiebigsten Regen vorkommen, der Sommer. Bekanntlich verschiebt sich der Gürtel der grössten Erwärmung der Erde, aus welchem die erwärmten und wasserreichen Luftmassen aufsteigen und gegen

die Pole abfliessen, mit dem wechselnden Stande der Sonne; dieser Gürtel ist uns im Sommer um 47 Breitengrade oder um über 600 Meilen näher als im Winter. Der Aequatorialstrom, welcher hauptsächlich von dem uns zugekehrten nördlichen Rand der Hitzezone herzuleiten ist, nimmt also im Winter weit südlicher seinen Ursprung und wird also auch weiter im Süden sich zur Erde herabsenken, wo er unter Kämpfen mit dem Polarstrom zu häufigen Gewittern und Regengüssen Veranlassung gibt. Zur Zeit, wo der Hitzegürtel von uns am weitesten entfernt ist, sinkt der Aequatorialstrom im weiten Bogen etwa im nördlichen Afrika zur Erde herab und führt die hauptsächlichsten Niederschläge im Winter herbei. Im Sommer, wo die Aequatorialströmungen weit nördlicher ihren Ursprung nehmen, senkt er sich bei uns auf die Erde herab und bewirkt die Sommerregen. Dagegen nimmt der Gürtel der grössten Erwärmung im Frühling und im Herbst eine Mittelstellung ein, daher es kommt, dass das Herabsinken der feuchtwarmen Oberströmung auf die Gegend zwischen Nordafrika und dem mittleren Europa, nämlich auf das mittelländische Meer und die südlichen Theile Europas trifft; diese Gebiete haben also ihre hauptsächlichsten Regen gegen Anfang und mit Ende des Winters, sie liegen im Gebiet der Herbst- und Frühjahrsregen. Die Grenze der Gebiete der Sommerregen und der Herbst- und Frühjahrsregen liegt in Europa beiläufig an den Alpen und dadurch wird der Unterschied im Klima beider Gebiete noch verschärft.

Aus nachfolgender Zusammenstellung ergibt sich sowohl die ungleiche Niederschlagsmenge an verschiedenen Orten, wie auch die Vertheilung derselben nach den einzelnen Jahreszeiten:

	Grösse der Niederschläge					
	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	
Troppau . . .	75	110	215	103	503	Millimeter
Prag	58	78	148	82	366	„
Wien	75	86	144	87	392	„
Graz	87	172	285	175	719	„
Laibach	315	282	334	412	1343	„
Triest	184	234	243	401	1062	„
Ragusa	450	365	238	548	1601	„
Algier	429	191	20	251	891	„

Es kommt aber nicht blos darauf an, wie gross die Niederschläge im ganzen Jahr, in den einzelnen Monaten und Jahreszeiten sind, sondern hauptsächlich auch darauf, ob sie

überhaupt ausgiebig sind oder nicht, d. h. darauf, ob dieselbe Regenmenge auf eine grössere Zahl von Regentagen oder nur auf einige wenige vertheilt ist. Denn wir wissen, dass sehr geringe Regen, welche den Boden nur auf eine Tiefe von wenig Millimetern durchfeuchten, dem Wachsthum der Pflanzen fast gar nicht zu statten kommen, weil ja der grösste Theil durch unmittelbare Verdunstung an der Oberfläche des Bodens in der allerkürzesten Zeit verloren geht. Wenn es im Sommer bei uns auch täglich einmal 2 Millimeter regnen würde, so könnten doch bei so reichlichem Niederschlage die Saaten verdorren, während an einem anderen Orte, wo diese 180 Millimeter sich vielleicht in den drei Sommermonaten auf 10 bis 12 Niederschläge vertheilen würden, ein ausserordentlich günstiges Verhältniss für das Pflanzenwachsthum sich herausstellen würde. Bei gleichbleibenden Niederschlagsmengen steigt also ihr Werth mit der Abnahme der Zahl der Regentage, und sinkt derselbe in dem Verhältniss als die Zahl der Regentage zunimmt.

Wenn ein Versuch in der Weise ausgeführt wird, dass in Glasröhren oder Glasgefässen von gleicher Weite trockene Erde eingefüllt und diese von obenher mit verschiedenen Wassermengen benetzt wird, so ist der Gewichtsverlust, in Procenten der aufgegossenen Flüssigkeitsmenge, durch die Verdunstung in den nachfolgenden Tagen um so grösser, je geringer die Wasserzufuhr war und auf eine je geringere Tiefe der Boden durchfeuchtet wurde. Es ist dies aus folgender Tabelle ersichtlich.

Datum	Die aufgegossene Flüssigkeitssäule betrug in Millim.					
	2·22	6·667	13·333	26·666	40·00	53·33
	Verlust in Gewichtsprocenten der aufgegossenen Flüssigkeit					
Am 21. September . . .	94·75	39·51	26·34	14·78	9·81	8·96
„ 22. „	5·68	17·02	10·22	10·09	7·75	7·48
„ 23. „ . . .	—	18·85	14·87	13·39	10·33	9·05
„ 24. „ . . .	—	12·16	14·56	11·82	8·99	8·09
„ 25. „ . . .	—	7·29	6·20	7·30	5·27	7·05
„ 26. „	—	3·04	6·82	8·17	6·92	6·70
„ 27. „ . . .	—	1·82	5·89	3·48	3·51	3·48
„ 28. „	—	—	5·58	3·65	2·58	3·04
„ 29. „	—	—	4·34	2·96	1·86	2·61
„ 30. „	—	—	2·48	1·74	1·76	2·00
„ 5. October also nach weiteren 5 Tagen	—	—	2·79	5·55	6·31	7·22
„ 10. October	—	—	—	2·09	2·89	2·95
Zusammen nach 20 Tagen .	100·43	99·69	100·09	85·02	67·98	68·63

Auf einer Reise, welche ich im Herbste des Jahres 1874 ins nördliche Böhmen machte, in welchem Jahre stark über Regenmangel geklagt wurde und an vielen Orten Missernten eintraten, waren in Folge des Regenmangels die Getreide- wie die Futterernten in Lobositz weit geringer als in Postelberg, obwohl die Boden- und sonstigen Culturverhältnisse von Lobositz hinter jenen in Postelberg durchaus nicht zurückstehen. Einen Erklärungsgrund hierüber konnte man aber in den Niederschlagsverhältnissen beider Gegenden erhalten, welche vom October 1873 angefangen folgende gewesen sind:

	Lobositz		Postelberg	
	Niederschlag in Millimetern	Zahl der Regentage	Niederschlag in Millimetern	Zahl der Regentage
October 1873	36·02	12	24·07	3
November „	17·55	8	13·20	1
December „	11·10	9	5·96	3
Januar 1874	22·75	9	11·29	2
Februar „	13·81	6	2·77	4
März „	17·90	6	8·09	3
April „	39·25	3	36·64	8
Mai „	44·47	11	40·74	6
Juni „	81·05	10	77·74	6
Juli „	25·33	3	25·98	4
Zusammen	309·23	77	246·48	40

Hienach betrug die Regenmenge, welche in Lobositz durchschnittlich auf einen Regentag entfiel 4·014 Millimeter, in Postelberg 6·014 Millimeter. Obwohl es also in Postelberg in den 10 Monaten weniger regnete als in Lobositz, war doch an ersterem Orte wegen der günstigeren Regenvertheilung der Regenmangel nicht so empfindlich.

Das günstigste Verhältniss, wenigstens für flaches Land, wo Abschwemmungen nicht vorkommen, tritt ein, wenn wiederholt im Sommer stärkere Niederschläge in kürzerer Zeit erfolgen, welche innerhalb 30, 40 bis 50 Millimeter schwanken. Solche Niederschläge kommen in regenarmen Gebieten nur höchst selten vor. Auch in Wien verstreichen oft viele Jahre, bevor es innerhalb 24 Stunden 38 bis 40 Millimeter regnet. Im Küstenlande sind solche stärkere Niederschläge häufiger und kann der Regenmesser alljährlich ein- bis zweimal übergehen, wenn nicht rechtzeitig das Auffanggefäss geleert wird. In den Tropenländern kommen selbst Niederschläge vor, die innerhalb

24 Stunden 100 Millimeter und darüber selbst bis 500 Millimeter betragen. Solch' starke Niederschläge, welche für trockne Gebiete ein Segen sind, erweisen sich als eine Calamität für feuchte Gegenden, da es bekannt ist, dass dort die ärgsten Missernten nicht in Folge übermässiger Trockenheit, vielmehr in Folge übergrosser Nässe zu Stande kommen. Und weil von keinem anderen klimatischen Factor die Grösse der Ernten so sehr abhängig ist, wie von der ausreichenden Menge der Niederschläge und ihrer günstigen Vertheilung, und weil oft von dem zufälligen Auftreten eines ausgiebigen Gewitterregens im Sommer der Ausfall der Ernte abhängt, sollte jeder Landwirth für seine Gegend die so leicht und so bequem ausführbaren Messungen nicht unterlassen. Er sollte dies umsoweniger verabsäumen, als die Regenvertheilung auch auf kleinere Flächen eine sehr ungleiche ist. Die Niederschlagsverhältnisse des Versuchsgartens der Hochschule für Bodencultur im VIII. Bezirke Wiens stimmen beispielsweise durchaus nicht mit jenen Beobachtungen überein, welche von der meteorologischen Centralanstalt auf der kaum 3 Kilometer entfernten Hohen Warte vorgenommen werden.

Bei der Ermittlung der Grösse und der Zahl der Niederschläge ist eine gesonderte Zusammenstellung nothwendig für die tropfbar flüssigen und für die festen Niederschläge in Form von Schnee; es soll also das Verhältniss des Niederschlags in Form von Schnee zum Gesammtniederschlag für jedes Vegetationsjahr festgestellt werden. Die Zahl der Tage, an welchen im Winter Schnee fällt, nimmt mit der nördlichen Lage eines Ortes zu; so schneit es in Rom durchschnittlich nur an 1·6 Tagen, in Wien bereits an 33·1, in Prag an 45 Tagen u. s. w. Wichtig ist es auch, zu wissen, wie lange an den einzelnen Orten die Schneedecke liegen bleibt, d. h. wie lange die Perioden dauern, in welchen der Boden mit einer mehr oder weniger mächtigen Schneedecke versehen ist. Einerseits ist die Wirkung eine schützende, weil der Schnee als ein schlechter Wärmeleiter die Frostwirkung vom Boden und den Pflanzen abhält; andererseits aber kann eine zu lange Schneebedeckung dadurch, dass sie Licht und Luft abschliesst und ein Vergeilen der Pflanzen bewirkt, auch schädlich werden. Denken wir uns diese Schneedecke über einem nicht gefrorenen Boden oder einem nur schwach gefrorenen, der unter der Schneedecke von

unten her wieder aufthaut, so können bei üppigen Saaten selbst Fäulniss-Erscheinungen auftreten, welche von den abgestorbenen Blättern aus auch auf die gesunden Pflanzentheile sich verbreiten werden. Zu bemerken wäre noch, dass von einem Schneefall, der einer gewissen Regenhöhe in Millimetern entspricht, durch Verdunstung unter sonst gleichen Bedingungen mehr verloren geht, als wenn derselbe Niederschlag in Form von Regen gefallen wäre. Man kann die Beobachtung in jedem Winter machen, indem man eine ziemlich starke Schneedecke nach einigen Wochen fast vollständig verschwinden sieht, ohne dass durch den gefrorenen Boden irgend eine bemerkbare Wassermenge aufgenommen worden wäre.

Stellen wir schliesslich die Ursachen zusammen, welche auf die jährliche Regenmenge eines Ortes Einfluss nehmen, so sind hier folgende Factoren geltend zu machen:

1. Die geographische Breite und Länge, die Höhenlage und die Nähe ausgedehnter Wasserflächen und Wälder. Die geographische Breite kommt übrigens kaum in Betracht; man kann nicht durchgehends sagen, dass die nördlicheren Gebiete mehr Regen erhalten wie die südlichen, im Gegentheil; wohl aber kann in einzelnen Ländern die Regenvertheilung sich mit der geographischen Breite ändern.

Entscheidender ist dagegen der Einfluss der geographischen Länge. Je westlicher unter sonst gleichen Verhältnissen ein Ort in Europa gelegen ist, um so feuchter ist derselbe; es macht sich eben im Westen Europas der Einfluss des Atlantischen Oceans geltend, das feuchtere Insel- und Küstenklima im Gegensatze zur continentalen Trockenheit.

In England ist beispielsweise der jährliche durchschnittliche Niederschlag ein grösserer wie in Deutschland, in Deutschland grösser wie in Oesterreich. In Ungarn erfreut sich der obere an die Karpathen angrenzende Theil eines stärkeren Niederschlages als das Tiefland. In Böhmen ist der südliche Theil regenreicher als der nördliche; das Küstenland ist regenreicher als das dahinter liegende Alpenland; dieses hat stärkere Niederschläge als Niederösterreich, Mähren u. s. w.

2. Einen entscheidenden Einfluss auf die Grösse und Vertheilung der Niederschläge haben die Winde. Je nachdem diese von Orten zu uns gelangen, wo Trockenheit herrscht

oder die Luft einen reichlichen Vorrath an Wasserdämpfen besitzt, werden sie entweder schönes heiteres Wetter oder Regen im Gefolge haben. Nord-, Nordost- und Ostwinde sind trockene Winde; südliche, südwestliche und westliche Luftströmungen sind feucht und je nach der Abkühlung, die sie erfahren, und je nach ihrer Sättigung mit Wasserdämpfen von stärkeren oder schwächeren Niederschlägen begleitet. Am allergünstigsten wird die Constellation sein, wenn feuchte südwestliche Strömungen an einem Orte mit dem kälteren nördlichen Luftstrom zusammentreffen und zur Entstehung andauernder Landregen Veranlassung geben.

3. Die Nachbarschaft von Gebirgen nimmt auf die Zahl und Vertheilung der Niederschläge gleichfalls einen grossen Einfluss, einen um so auffälligeren, je höher und ausgedehnter die Gebirge sind. Und zwar üben sie einen Einfluss insofern, als sie die Temperatur der über sie streichenden Winde modificiren. Entweder sind diese Luftströmungen feuchtwarm oder feuchtkalt oder sie sind trockenkalt oder trockenwarm.

Bewegt sich eine feuchtwarme oder feuchtkalte Luftströmung über ein Gebirge, so wird an der Seite, wo der Windanfall statt hat (Luvseite) in Folge der stattfindenden Abkühlung ein starker Niederschlag eintreten; sie kommt an der Windschattenseite (Leeseite) mit einem geringeren Wassergehalte an, und da sie am entgegengesetzten Abhang wieder herabsinkt und sich mehr erwärmt, wird die Luftströmung wieder trockener und die Leeseite des Gebirges wird keinen Niederschlag bekommen. Ein grossartiges Beispiel dafür bieten die Alpen; am Süd- und Südwestabhang derselben sind die Niederschläge weit reichlicher als am Nordost- oder Nordabhang derselben. Eine ähnliche Rolle spielen aber alle Gebirgszüge und jeder Bergzug selbst bezüglich seines Vor- und Hinterlandes je nach der herrschenden Richtung der feuchtwarmen Winde.

Trockenkalte Winde werden beim Streichen über's Gebirge noch mehr abgekühlt und werden trockner; trockenwarme werden auf der Luvseite abgekühlt und langen in feuchterem Zustande auf der Leeseite an, wo sie unter Umständen, je nachdem sie über Wäldern, Mooren, Seen ihren Wassergehalt vermehren konnten, zu geringeren Niederschlägen Veranlassung geben können.

Aber selbst locale Niederschläge, Gewitter, werden in ihrer Zugsrichtung durch die Stellung und Richtung der Berge, selbst der Hügel, deren Erhebung 300 bis 400 Meter wenig überschreitet, in hohem Grade beeinflusst und dadurch kleinere Gebiete geschaffen, welche bezüglich ihrer Niederschlags-Verhältnisse gegenüber anderen benachbarten Landstrichen sehr im Vortheil sind.

4. Schliesslich ist auch der Einfluss des Waldes zu berücksichtigen, welcher dem einer Wasserfläche analog ist. Wenn es keinen Zweifel erleidet, dass der Wald die ihm zugekommene Feuchtigkeit vollständiger und länger erhält, wobei die Beschattung des Bodens, die Abhaltung der Winde, die Bedeckung des Bodens mit Moos oder einer Streudecke, ferner die verhältnissmässig geringere Verdunstung durch die Blätter und Nadeln holzartiger Gewächse zu berücksichtigen kommt: so kann auch als sicher angenommen werden, wie dies ja auch zahlreiche Beobachtungen gezeigt haben, dass die Waldluft einen relativ höheren Feuchtigkeitsgehalt besitzt, als das freie von Wiesen oder Weiden oder von Feldern bedeckte Land. Die Luftschicht, welche über den Wäldern steht, ist eine kühlere und feuchtere und wird daher, wenn ein feuchter Wind über dieselben streicht, durch Abkühlung desselben leichter eine Condensation und einen Regen bewirken können, als wenn über dem freien Lande in Folge der starken Erwärmung des Bodens eine heisse aufsteigende Luftsäule gelagert ist, welche eine darüber streichende Luft nur noch trockener macht und daher das Zustandekommen des Regens verhindert. Darum kann sowohl für die Waldfläche selbst als auch für die Umgebung des Waldgebietes eine günstige Wirkung auf die Luftfeuchte und eine grössere Zahl der localen Niederschläge nicht in Abrede gestellt werden.

Auf waldlosem Gebiete werden im Bereiche der vorwiegenden Frühlings- und Herbstregen sehr häufig die weniger wasserbeladenen Wolken der letzten Frühlings- und der ersten Herbstwochen ganz aufgezehrt oder doch nicht zu Niederschlägen veranlasst und so beginnt die regenlose Zeit früher und endet später als es eigentlich nach der Vertheilung der regenbringenden Winde nothwendig wäre. Aber auch im Gebiete der Sommerregen ist eine ähnliche Wirkung nicht zu

verkennen. Zahlreiche leichtere Sommerregen, die über bewaldetem Lande und der Umgebung des Waldgebietes niederfallen würden, werden über kahlem Lande durch den aufsteigenden warmen Luftstrom, der die Wolken auflöst, daran verhindert. In diesem Sinne, kann man sagen, sind die alten Culturländer: Persien, Palästina, Griechenland, Sicilien, Spanien seit ihrer Entwaldung mehr oder weniger verödet; nicht so sehr wegen einer Verminderung der Jahressummen der Niederschläge, als vielmehr in Folge ungünstiger Vertheilung der Regenfälle auf die einzelnen Jahreszeiten.

Boussingault, der die Frage über den Einfluss der Wälder auf die Niederschlagsverhältnisse sowohl in der alten wie in der neuen Welt, auf eigene Anschauungen und Beobachtungen gestützt, studirte, gelangte zu folgenden Schlüssen:

1. Dass das Abtreiben grosser Wälder die Wassermenge vermindert, welche über die Oberfläche des Landes fliesst.

2. Dass es unmöglich sei, anzugeben, ob diese Verminderung einer geringeren Menge des jährlichen Regens oder einer stärkeren Verdunstung des Wassers oder beiden Ursachen zusammen zuzuschreiben sei.

3. Dass, abgesehen von der Erhaltung des Wassers, die Wälder, indem sie seiner Verdunstung sich hinderlich zeigen, seinen Abfluss regeln und mässigen.

4. Dass durch rein örtliche Entholzungen Quellen verschwinden können, ohne dass man dadurch zu dem Schluss berechtigt wäre, die jährliche Regenmenge habe sich vermindert.

5. Dass, indem man sich auf die bisher gesammelten meteorologischen Beobachtungen stützt, man annehmen müsse, dass die Rodungen der Wälder die jährliche Regenmenge vermindern, welche ein Land empfängt.

VIERTER ABSCHNITT.

Die Winde.

Wenn man sagt: „die Winde machen das Wetter", so ist damit ihr ausserordentlicher Einfluss, den sie auf die Temperatur, auf die Feuchtigkeit der Luft und die Niederschläge ausüben, in treffend charakteristischer Weise angedeutet.

Die Windströmungen verdanken bekanntlich der ungleichen Erwärmung der Luftmassen auf der Erdoberfläche ihre Entstehung. Je grösser die Temperaturunterschiede der Luft sind, auf je grössere Flächen sie sich beziehen, um so bedeutender und allgemeiner sind auch die entstehenden Luftströmungen. Solche sind die Aequatorial- und Polarwinde, welche vom Aequator zum Pol und von diesem zum Aequator strömen und auf ihrem Weg durch die Rotation der Erde nach Osten oder Westen abgelenkt werden. Die Winde der gemässigten Zone besitzen eine weit geringere Verbreitung und wehen mit einer geringeren Regelmässigkeit, wenngleich auch für diese ein Gesetz, das Dove'sche Drehungsgesetz, formulirt worden ist, welches in dem Satze ausgedrückt werden kann, dass sich auf der nördlichen Hemisphäre der Wind wie der Zeiger einer Uhr von Nord nach Ost, Süd, West und wieder nach Nord dreht, auf der südlichen Hemisphäre im entgegengesetzten Sinne sich ändert. Zu den Winden von mehr localer Bedeutung gehören die Land- und Seewinde, die Morgen- und Abendwinde im Gebirge und Luftströmungen, welche durch grössere Flüsse, Wälder, Sümpfe u. dgl. herbeigeführt werden können.

Die einfachste Art, über die Winde einer Gegend Rechenschaft zu geben, besteht darin, die Anzahl der Beobachtungen zu zählen, welche man in gewissen Zeiträumen über jede Windrichtung aufzeichnete und einen Procentsatz für jede Windrichtung zu berechnen, was für die einzelnen Monate, Jahreszeiten, das ganze Jahr, sowie für einzelne Tage geschehen kann.

In höheren Breiten, wo die Winde sehr veränderlich sind, wird durch die grössere oder geringere Wärme, welche die Winde mitbringen, die Temperatur oft ausserordentlich beeinflusst; es kann geschehen, dass durch ihren Einfluss, wo im Fortschreiten des Frühjahrs eine Steigerung der Temperatur eintreten sollte, langandauernde Abkühlungen vorkommen; dass umgekehrt zu einer Zeit, wo die Abnahme der Temperatur Regel ist, ungewöhnlich warme Witterung zu Stande kommt. Die Wärme-Zu- und Abnahme, wie solche durch die Stellung der Sonne zur Erde bedingt ist, ist eine ganz allmälige und regelmässige; sie wird aber durch den Einfluss der Winde oft gänzlich verdeckt und sind die grellen Temperaturwechsel immer

die Folge von warmen und kalten Luftströmungen. Je nachdem die ersteren oder die letzteren in einer Gegend vorherrschen, wird dem Klima derselben ein bestimmter Charakter aufgeprägt. Der milde Charakter der westeuropäischen Länder ist die Folge des Vorherrschens der südwestlichen Winde, während der rauhe Charakter eines Klimas durch das Vorherrschen der Ost- und Nordwinde bedingt wird.

Zur Beurtheilung des Einflusses der Winde auf die Temperatur hat man thermische Windrosen berechnet, in welchen die Durchschnittstemperatur der Windströmungen die aus bestimmten Himmelsgegenden kommen, angegeben wird. Genaue Resultate sind aber dabei nicht zu erreichen, weil oft verschiedene Luftströmungen gleichzeitig in verschiedenen Höhen vorhanden sind, die alle auf die jeweilige Temperatur einen Einfluss nehmen, während das Thermometer nur die Temperatur der untersten Luftschicht angibt. Die thermische Windrose für Wien ist für die vier Jahreszeiten die folgende:

	N.	NO.	O.	SO.	S.	SW.	W.	NW.
Winter	— 2·95	— 2·75	— 3·12	— 1·75	+ 0·11	+ 2·53	+ 2·25	+ 0·33
Frühling	+ 7·81	+ 8·41	+ 9·80	+10·43	+11·82	+10·85	+ 9·06	+ 8·57
Sommer	+18·02	+20·01	+23·91	+21·81	+22·42	+20·46	+18·19	+18·30
Herbst	+ 8·45	+ 8·9	+10·31	+10·81	+10·81	+12·36	+10 15	+ 9·41
Jahr	+ 7·83	+ 8·9	+10·09	+10·27	+11·16	+11·55	+ 9·91	+ 9·16

Ebenso gibt es atmische, Regen-, und nephische, Windrosen, welche die Feuchtigkeit der Luft, die Häufigkeit und Grösse der Niederschläge und die Bewölkung mit den verschiedenen Winden in Beziehung bringen.

Dass die Winde auch einen und zwar den wichtigsten Einfluss auf die Grösse und Häufigkeit der Niederschläge nehmen, ist schon hervorgehoben worden und es bliebe nur noch der Einfluss der bewegten Luft auf die Pflanzenwelt zu berühren übrig.

Die Abstufung der Windstärke ist eine sehr grosse. Gebräuchlich ist folgende Scala:

	Geschwindigkeit pro Sec. in Par. Fuss	Druck auf den □′ in W. Pfd.
0. Völlige Windstille	0	0
1. Leichtes, kaum merkbares Lüftchen . . .	12	0·3
2. Die Blätter der Bäume werden bewegt . .	24	1·2
3. Die Blätter und schwächeren Zweige werden bewegt	36	2·8

	Geschwindigkeit pro Sec. in Par. Fuss	Druck auf den □′ in W. Pfd.
4. Mässiger Wind, der stärkere Zweige bewegt	48	5·0
5. Ziemlich starker Wind, der die stärkeren Aeste bewegt	60	7·9
6. Starker Wind, welcher auch die Stämme bewegt	72	11·3
7. Sehr starker Wind, welcher Zweige abbricht	84	15·3
8. Sturm, welcher Aeste und schwache Bäume bricht	96	20·0
9. Sturm, welcher starke Bäume entwurzelt und bricht	108	25·3
10. Orkan, welcher Häuser abdeckt und Schornsteine herabwirft	120	31·4

Aber die Wirbelstürme, wie solche in Folge besonderer Ursachen entstehen, bringen noch heftigere Wirkungen hervor, wobei dann die Geschwindigkeit des Windes mehrere 100′ betragen kann; es wird über Wirkungen berichtet, nach denen die Schnelligkeit der Luftbewegung fast der einer Kanonenkugel gleichkommen müsste.

Mässige Winde sind ohne Zweifel dem Wachsthum der Pflanzen günstig. Die Pflanzen nehmen einen grossen Theil ihrer Nährstoffe aus der Atmosphäre; da sie nun keiner Ortsbewegung fähig sind, so würden sie aus der ruhig um sie herum stagnirenden Luft sehr bald die Kohlensäure absorbiren und bei der langsameren Wirkung der Diffusion an diesem wichtigen Nährstoff bald Mangel leiden, wenn durch die Winde ihnen nicht stets neue Kohlensäuremengen zugeführt würden. Wichtiger noch als dieser Umstand ist die Beförderung der Transspiration der Pflanzen durch die Winde. In einer unbewegten Luftschicht würden sich in der Umgebung der Pflanze die Wasserdünste derartig anhäufen, dass sie in Folge ihrer vollkommenen Sättigung sehr bald die Verdunstung der Pflanzen gänzlich verhinderten; die Folge wären Pflanzenkrankheiten, Stocken des Wachsthums, schädliches Ueberhandnehmen zahlreicher Schmarotzerpilze, wie dies nicht selten an Treibhauspflanzen aus Anlass dieser Ursache beobachtet werden kann. Manche gehen noch weiter und behaupten, dass die Bewegung, welche durch die Winde auf die oberirdischen Pflanzentheile ausgeübt wird, eine heilsame Gymnastik sei, durch welche die Entwicklung der Gefässbündel und Baststränge

befördert werde; das wäre nun freilich nicht bei allen Pflanzen erwünscht. So zeigt beispielsweise der Hanf im Thale der Rhone sehr groben Bast; wo, wie in vielen Gegenden Italiens, die Winde seltener sind, ist ihr Bast viel feiner. Eine andere Beobachtung, welche Gasparin gemacht hat, lässt diesen kritischen Beobachter glauben, dass Getreidepflanzen, welche an vom Winde geschützten Standorten wachsen, eine schwächere Bewurzlung besitzen als jene, welche dem Windanfall ausgesetzt sind; namentlich waren bei diesen Pflanzen jene Wurzeln stärker ausgebildet, welche sich auf der Windseite verbreiteten. Auch bei Bäumen hat man die Wahrnehmung gemacht, dass ihre Wurzeln in jener Richtung, von welcher die Stürme zu kommen pflegen, weiter und tiefer in den Boden dringen und gleichsam Anker bilden, welche den windgepeitschten oberirdischen Stamm festhalten. In allen Fällen ist es gewiss, dass die Bäume in solchen Lagen, wo starke Winde häufig auftreten, eine stärkere Bewurzelung besitzen und nicht so leicht umgebrochen oder entwurzelt werden wie dort, wo nur ganz selten sturmartige Winde auftreten. Natürlich werden Entwurzelungen und Windstürze um so leichter stattfinden, wenn der Boden durch vorausgegangene starke Regen auch in den tieferen Schichten durchweicht sein sollte.

Zu den günstigen Wirkungen des Windes rechnet man endlich auch die Begünstigung der Befruchtung nicht nur bei ein- und zweihäusigen Pflanzen, sondern auch bei solchen mit Zwitterblüthen. Bei vollkommener Windstille wäre an ersteren die Bestäubung der weiblichen Blüthen eine sehr unvollständige oder auch eine ganz unmögliche; bei letzteren aber würden immer nur die Pollenkörner derselben Blüthe die Bestäubung ihrer Narbe bewirken, während doch im Interesse einer kräftigeren Nachzucht erwünscht ist, dass in allen Fällen eine gegenseitige Befruchtung verschiedener Blüthen statt habe, was aber bei den sogenannten Anemophilen nur durch die Einwirkung bewegter, die Pollenkörner transportirender Luft möglich wird. Die Verbreitung der Samen durch Winde wird bei natürlicher Verjüngung des Waldes vom Forstmann öfters benützt; sie stört aber auch mitunter seine Absichten durch nicht erwünschten Anflug, eine Erscheinung, welche andererseits auch zur Verunkrautung der Aecker nicht wenig beiträgt.

Ein Uebermass an bewegter Luft, d. i. heftige Winde und Stürme vereiteln aber den vorerwähnten günstigen Effect und bewirken das gerade Gegentheil; stark trocknende Winde trocknen die Narben ab und verhindern das Auswachsen der Pollenschläuche; oder aber sie entführen die Pollenkörner aus den Blüthen, ohne dass diese zur Action gelangen.

Aber auch in vielen anderen Beziehungen werden Stürme der Vegetation nachtheilig. Krautartige Pflanzen mit hohem Wuchse und ausgebreiteten Blättern werden vielfach mechanisch beschädigt; die Blätter werden durch gegenseitiges Aneinanderschlagen zerfetzt und zerrissen, was selbst beim Mais, dessen Blätter doch eine bedeutende Consistenz besitzen, nicht selten eintritt. Ist dieser Nachtheil schon wegen der Verminderung der Vegetationsorgane gross, so hat man oft noch grösseren an den reifenden Pflanzen zu beklagen, deren Samen, wie bei dem Mohn, dem Rapse u. s. w., ausgedroschen und auf dem Felde zerstreut werden. Heftige Winde heben auch feine Erdtheilchen, namentlich den Sand in die Höhe und treiben ihn mit grosser Gewalt an der Oberfläche des Bodens hin, wodurch oft eine gänzliche Zerstörung zarter Blätter bei jungen Pflanzen durch die Wirkung des unaufhörlichen Anpralls bewirkt wird.

Mehr noch wie die krautartigen Gewächse, die wegen ihres niedrigen Wuchses doch mehr geschützt sind, leiden die holzartigen Gewächse durch die Stürme. Namentlich fällt hier die einseitige Kronenentwicklung in Betracht, indem, abgesehen von der Biegung der Stämme in der Richtung des Windes, an der Windseite die Aeste nur eine geringe Ausbildung erlangen, dagegen an der Leeseite des Windes sich verlängern und verzweigen. Uebrigens kann die Häufigkeit der Stürme das Aufkommen der Bäume oft gänzlich unmöglich machen und hat namentlich Borggreve darauf hingewiesen, dass nicht wie bisher vielfach angenommen worden ist, der Salzgehalt der Winde die Bepflanzung entwaldeter Küstengegenden verhindere, sondern allein der mechanische Einfluss starkbewegter Luft. Nicht gering ist auch der Nachtheil anzuschlagen, welchen die Stürme durch das Abschlagen der Blätter und Zweige an den Bäumen verursachen, ebenso durch fortwährende Reibung der Aeste, wodurch stellenweise die Rinde bis auf den Holzkörper abgerieben wird; ferner durch das Knicken stärkerer Aeste oder

das Zersplittern des ganzen Stammes oder den Umsturz desselben in Folge der Entwurzelung. Ueberall in waldreichen Gegenden, namentlich dort, wo die seichter wurzelnden Fichten vorherrschen, stehen ausserordentliche Windschäden in frischer Erinnerung, z. B. 1869/70 im Böhmerwalde, wo in Folge derselben durch das Auftreten des Borkenkäfers der ganze Böhmerwald gefährdet war. Der Einfluss kalter Winde macht sich im Walde auch dadurch bemerkbar, dass die Bäume auf der Seite, von der sie wehen, einen schwächeren Holzzuwachs am Stamme zeigen und sein Wachsthum nicht in concentrischen Ringen erfolgt.

Viel mehr gefährdet durch die Winde als die Waldbäume sind natürlich die Obstbäume, namentlich die mit grösseren und schwereren Früchten, weshalb günstige Obstlagen immer zugleich auch gegen den Wind geschützt sein müssen.

Es braucht nicht erst berührt zu werden, dass die trocknen Winde die Austrocknung des Bodens befördern und dadurch die Vegetation schmälern; sie befördern die Krustenbildung; das Getreide schosst langsam und unvollständig; Wiesen liefern wenig Heu. Kalte Winde im Winter tragen ferner bei fehlender Schneedecke ausserordentlich zum Auswintern der Saaten bei.

FÜNFTER ABSCHNITT.

Der Einfluss der örtlichen Lage auf das Pflanzenwachsthum.

Alle die bisher aufgezählten klimatischen Factoren, Wärme- und Lichtwirkung, Niederschläge und Winde werden durch die Gestaltung der Bodenoberfläche sehr wesentlich modificirt. Ist der Boden ganz eben, so können Wärme, Licht, Regen und Wind ganz gleichmässig einwirken; ist aber das Land ein Hügel- oder Gebirgsland, wechseln Bergwände und Bergreihen mit Thälern und Hochebenen ab, so kann hiedurch der eine oder andere Factor mehr oder weniger geschwächt oder aber in seiner Wirkung erhöht und verstärkt werden. Was im Grossen für ganze Ländermassen und einzelne Länder und Landstriche gilt, das wiederholt sich in gleichen Wirkungen wenn auch in abgeschwächter Weise auf jeder Quadratmeile und auf jedem Gute.

Die ungleich lange Dauer und Intensität der Lichtwirkung je nach der Exposition des Bodens nach einer bestimmten Himmelsgegend ist schon berührt worden. Wir haben aber auch gesehen, wie von dem Winkel, unter dem die Insolation auf eine Fläche wirkt, der Effect der Erwärmung wesentlich mit bedingt wird. Steil auffallende Morgen- und Abendstrahlen können mehr wirken als flach einfallende Mittagsstrahlen und steil einfallende Mittagsstrahlen erwärmen doppelt stark.

Ausser der Insolation gewinnen aber auch die Winde einen grossen Einfluss auf die Exposition und es kann derselbe so gross werden, dass er die Wirkung der Insolation zeitweise und theilweise ganz verdeckt. So können beispielsweise Südwesthänge, obwohl sie im Allgemeinen die wärmsten sind, durch den Einfluss abgedrängter Westwinde kühler und feuchter, Südhänge und Südosthänge durch Süd- und Südostwinde, denen sie schutzlos preisgegeben sind, noch heisser und trockener werden; die kälteren Osthänge können durch abgedrängte Südost- und Südwinde wärmer gemacht werden u. s. w. Es kann sich dies Verhältniss je nach dem Eintreffen und der Häufigkeit der herrschenden Winde in verschiedenen Jahren und Jahreszeiten aber auch ändern. Je nachdem feuchte und trockene Winde die Exposition treffen, je nachdem der Hang sich mehr oder weniger rasch erwärmt und abkühlt, wird der Schnee länger liegen bleiben oder abschmelzen, wird der Boden länger feucht bleiben oder rascher abtrocknen, wird also auch die Bearbeitung der Felder, der Anbau, das Auflaufen der Saat oder die Ernte beschleunigt oder verzögert in einem Maasse, dass die wirthschaftlichen Operationen ganz bedeutend davon beeinflusst werden müssen. Bei der Beurtheilung solcher Verhältnisse darf aber der Landwirth nicht allein von theoretischen Voraussetzungen ausgehen, die im Allgemeinen wohl richtig sind, im Einzelnen aber unzählige Modificationen erfahren; vielmehr wird er sich vor Allem mit den localen Verhältnissen durch fortgesetzte aufmerksame Beobachtungen vertraut machen müssen.

Was die Einflüsse der Nachbarschaft auf das Klima eines einzelnen Standortes anbelangt, so sind diese entweder solche, welche die Feuchtigkeit erhöhen oder solche, welche die Wärme erhöhen oder herabsetzen. Was der Ocean für ganze Erdtheile

und Länder bedeutet, übt in ähnlicher Weise, wenn auch mit weit geringerer Wirkung, ein kleineres Gewässer: ein See, Fluss, selbst ein grösserer Teich, ein Moor, auf einen in seiner Nähe gelegenen Standort aus. Die Insolationsverhältnisse werden durch höhere Objecte der Nachbarschaft abgeändert; einzelne Berge und Hügelreihen bewirken für die am westlichen Fuss gelegenen Felder einen späten Beginn der Insolation, wie ja auch für kleinere Parcellen durch Häuser, Baumwände, Alleen die Besonnung verkürzt wird. Solche die Beleuchtung beeinflussende Hindernisse werden aber ihren Einfluss auch auf die Abhaltung der Winde und Stürme geltend machen und ihre Wirkung wird häufig eine günstige sein. Die Wärmeverhältnisse können aber durch solche Objecte auch insoferne abgeändert werden, als das Gegenüberstehen reflectirender steiler Gehänge oder Wände die Temperatur eines bestimmten Standortes wesentlich erhöhen kann; es ist dies schon an Saaten zu sehen, welche südwärts an einer von Ost nach West angelegten Baumwand sich befinden.

SECHSTER ABSCHNITT.

Der Einfluss der einzelnen Jahreszeiten und ihres Witterungsganges auf die Grösse und Beschaffenheit der Ernten.

Der Einfluss des Witterungsganges der einzelnen Jahreszeiten auf die Grösse und Beschaffenheit der Ernten war bisher noch kein Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen, obwohl es andererseits gar wohl möglich erscheint, sich eine solche Folge des Witterungsganges für bestimmte Orte zu denken, dass hiebei das Gedeihen der Culturpflanzen am meisten gesichert erscheint. Dabei ist nicht zu vergessen, dass ein Zusammentreffen von einer bestimmten Aufeinanderfolge der Witterungs-Constellationen mit günstigen Ernte-Ergebnissen immer nur an bestimmte locale Verhältnisse geknüpft bleibt und dass nicht nothwendigerweise solch' ein Witterungsgang, der an einem Orte günstig sich erwies, dies auch an einem zweiten sein muss. An dem einen Orte kann ein regenreiches Frühjahr oder ein nasser Sommer erwünscht sein, an einem

anderen Orte wird vielleicht das Gegentheil verlangt, und dies ist ja auch der Grund, warum die Landwirthe in ihrer Gesammtheit mit dem jeweiligen Witterungsverlaufe nie zufrieden sind, sondern so häufig Klage führen. Auch ist nicht zu übersehen, dass die Ernten nicht allein vom Wetter, sondern auch von vielen anderen Factoren abhängig sind. Es nimmt hierauf der Boden, seine Beschaffenheit und die Vorbereitung desselben, der richtige Zeitpunkt der Aussaat, die richtige Ausführung derselben, die etwaige Lagerung, Ueberwucherung durch Parasiten und Unkräuter einen grossen Einfluss; zahlreiche Feinde aus der Insectenwelt können die üppigsten Saaten zu Grunde richten, es kann der Hagel die Hoffnungen der Landwirthe vernichten, und schliesslich auch noch in Folge verspäteter Ernte ein grosser Verlust entstehen.

Im Allgemeinen wird folgender Witterungsgang während der Vegetationszeit als ein für das Gedeihen der Culturpflanzen günstiger bezeichnet werden können:

1. Wenn die Steigerung oder Abnahme der Temperatur einen mehr gleichmässigen Verlauf nimmt; wenn die Extreme nach oben und unten innerhalb der nützlichen Temperaturen verbleiben; wenn solche Temperaturen seltener und durch kürzere Zeit eintreten, die über das Minimum und Maximum hinausgehen. Die Wärmesumme der einzelnen Monate soll nicht unter dem Mittel bleiben; eher mag ein Ueberschuss sich vortheilhaft erweisen.

2. Die Vertheilung der Niederschläge sei eine solche, dass gegen die Reifezeit der Culturpflanzen zwar eine stärkere Austrocknung des Bodens, aber dennoch kein solcher Trockenheitsgrad desselben zu Stande kommt, welcher bereits der Lufttrockenheit sich nähert. Aber auch während des ganzen Wachsthums sollen keine länger dauernden Perioden eintreten, in welchen etwa der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens soweit herabgemindert wird, dass ein Stillstand im Wachsthum, ein Welken oder theilweises Absterben der Pflanzentheile eintritt weil hiedurch die Gesammternte an Trockensubstanz immer eine beträchtliche Schmälerung erfährt und auch die Qualität der Bodenerzeugnisse leidet.

3. Günstiger sind immer die hellen Vegetationstage als die trüben. Wenn nun andauernde Bewölkung ohne ausgiebige

Niederschläge häufig vorkommen sollte, ist der Nachtheil ein doppelter, wogegen es auch doppelt günstig wirkt, wenn kurzdauernde Regen eine bedeutendere Wassermenge dem Boden zuführen und dabei doch wegen baldiger Aufheiterung der Lichtwirkung ein geringer Abbruch geschieht. In den wärmeren Ländern ist dieser Wechsel zwischen Sonnenschein und Regen oft ein überraschend regelmässiger; im Laufe des Vormittags entladet sich ein regenreiches Gewitter, der übrige Theil des Tages ist sonnig, als wenn es am selben Tage gar nicht geregnet hätte.

Nachdem in der vorstehenden Darlegung der Witterungsgang für die ganze Vegetationszeit in Betracht gezogen wurde, ist nun auch der Einfluss der einzelnen Jahreszeiten auf das Gedeihen der Culturpflanzen zu schildern.

Einfluss des Frühjahrs.

Im Frühjahre folgen sich in Mitteleuropa bei normaler Entwicklung rasch nach einander drei Typen:

1. Das Heranrücken der Aequatorialströmung mit beginnenden warmen Niederschlägen im südlichen und mit trockenen Nordwinden im nördlichen Theile Mitteleuropas; der Abfluss der letzteren in der Richtung von Nordost nach Südwest wird durch die südlichen Winde mehr und mehr gehemmt und sie verwandeln sich in Ostwinde, die trockene helle Witterung bringen; dies geschieht häufig zu Anfang des Frühlings im März, dessen trockene Ostwinde der Landwirth fürchtet.

2. Der zweite Abschnitt des Frühlings ist charakterisirt durch die am Südabhang der Alpen herrschende Aequatorialströmung und theilweises Vordringen der Aequatorialströmung bis in hohe Breiten. Hiedurch entsteht höchst unstetes Wetter im nördlichen Mitteleuropa; es ist dies die Periode des veränderlichen Aprilwetters, welche am seltensten oder gar nicht ausbleibt.

3. Der dritte Typus des Frühjahrs trifft zusammen mit dem Einfallen der Aequatorialströmung nördlich der Alpen, mit abwechselnd warmen und kalten Niederschlägen und mit Kälteeinfällen, welche dadurch hervorgebracht werden, dass im nordöstlichen und östlichen Europa sowie im asiatischen Steppenlande die stärkere Erwärmung des Bodens eine Auflockerung der Luft

bewirkt und eine Aspiration der westlich über Deutschland und dem nordatlantischen Ocean lagernden kälteren Luft hervorruft. Eisberge erkälten dort die Luft noch mehr, wenn sie von der Polarzone in niedere Breiten herabgetrieben werden und aus dem Zusammenwirken dieser Constellationen entstehen die „Eismänner".

Für unsere Verhältnisse sind jene Frühlinge günstiger, welche zeitlicher beginnen als jene, die einen späten Anfang nehmen. Erstere gestatten eine frühere Bestellung der Felder, eine frühzeitige Aussaat, wobei das erste Wachsthum in eine kühlere Periode fällt, auch die Bestockung der Saaten begünstigt wird. Einen grossen Vorzug hat ferner ein Frühjahr, welches von Nachtfrösten verschont bleibt. Der Ausspruch, dass ein feuchtes und kaltes Frühjahr erwünscht sei, wird nur bedingungsweise als richtig anerkannt werden können, und zwar nur dann, wenn wenig Winterfeuchte im Boden ist; wenn es sonst an Feuchtigkeit nicht mangelt, wirkt ein warmes und trockenes Frühjahr weit günstiger. Das gilt schon deshalb, weil die Blüthezeit aller Obstbäume und der meisten Cerealien in's Frühjahr fällt, die Befruchtung aber bei andauernd feuchtem und nasskaltem Wetter nur unvollständig stattfindet.

Einfluss des Sommers.

Auch der Sommer Mitteleuropas weist drei Typen auf:

1. Ungestörter Einfluss des Aequatorialstromes auf die Oberfläche Mitteleuropas, dabei häufige Niederschläge. Dazwischen schwüle heisse Tage mit häufigen Gewittern.

2. Schwächere Wirkung des Aequatorialstromes, dagegen ungestörtes Abfliessen der Luft aus höheren Breiten. Heiteres, mehr oder weniger heisses trockenes Wetter.

3. Vorwalten von Nordwestwinden mit häufigen Strichregen, selten heiteren und dann auch nicht warmen Tagen.

Selten behält ein Sommer durch seine ganze Dauer einen dieser drei Typen, sie wechseln ab, der erste und zweite Typus am häufigsten und können wochenlang anhalten.

Bei plötzlichem und zu frühem Uebergang des Frühjahrs zum Sommer, der häufig mit grosser Trockenheit verbunden ist, kommt es vor, dass, wenn darauf anhaltende und ausgiebige Regen eintreten, das Getreide zweiwüchsig wird. Kühle, feuchte

Sommer im Vereine mit mangelhafter Lichtwirkung begünstigen die Entwicklung vieler schädlichen Parasiten, verhindern die Verholzung der Stengel und Halme und führen die Lagerung des Getreides herbei. Die Verunkrautung nimmt bei solchem Wetter überhand, und auch bei der Ernte kann noch viel verderben, das Korn mitsammt dem Stroh; das Korn gibt geringes Mehl, verdorbenes Stroh bewirkt Krankheiten der Nutzthiere.

Trockene und heisse Sommer benachtheiligen das Wintergetreide weniger als das Sommergetreide; mehr noch jene Früchte, welche erst im Herbst zur Reife gelangen; auf Wiesen den Nachwuchs, auf Kleefeldern und Futterfeldern die späteren Schnitte. Solche Sommer werden nur auf jene Pflanzen günstig einwirken, welche tief im Boden wurzeln und zur Reife ihrer Früchte sehr vieler Wärme bedürfen. In trockenen, heissen Sommern wird der Insectenschaden immer grösser sein als in feuchten. Die Gunst des Sommers wird demnach hauptsächlich von der Regenvertheilung abhängig sein.

Die Witterungsverhältnisse des Frühlings und Sommers werden hauptsächlich darüber entscheiden, ob früh- oder spätreifende Spielarten zu Stande kommen.

Einfluss des Herbstes.

Die Herbste verschiedener Jahre gleichen einander mehr als die übrigen Jahreszeiten; meist herrscht die polare Strömung mit mässigen Nordost- und Ostwinden und tritt der trockene polare Strom, der von hellem und trockenem Wetter begleitet ist, entweder früher oder später ein. Nicht selten stellen sich auch länger dauernde Aequatorialströmungen ein, die dann regelmässig bedeutende Niederschläge im Gefolge haben und einen nassen Herbst verursachen.

Wichtig ist es, dass der Boden nicht so trocken in den Herbst kommt, dass die Herbstsaaten gefährdet sind. Die Temperatur soll nur allmälig abnehmen, damit eine Bestockung und Erstarkung der Herbstsaaten möglich sei. Andauernde Nässe oder früher Eintritt der Fröste sind schädlich wegen Erfrierens später Saaten und spätreifender Culturen, wegen verkürzter Bestellungszeit, wegen des Zurückbleibens der Herbstsaaten. Zu trockener warmer Herbst begünstigt die Entwicklung vieler Getreideschädlinge, in Folge welcher die Saaten über Winter dünner werden.

Einfluss des Winters.

Bei uns tritt völlige Unterbrechung im Wachsthum ein, im südlichen Europa nicht; selbst im südlichen Oesterreich wird der Anbau bis in den Winter hinein fortgesetzt; Bewässerungswiesen gestatten Ernten bald nach dem Winter.

Der Einfluss ist kaum ein directer, sondern meist ein indirecter. Direct ist er, insoferne bei Schneemangel durch strenge Fröste das Getreide erfriert, bei zu lang dauernder Schneedecke durch's Ausfaulen auswintert; indirect, indem durch die Regen- oder Schneefälle die Bodenfeuchte sich ansammelt, ferner bei bündigem Erdreich der geschlossene zähe Boden durch den Frost gelockert wird.

SIEBENTER ABSCHNITT.

Phänologische Beobachtungen und Witterungs-Vorhersage.

Nachdem die bisherigen Darlegungen den Beweis wohl zur Genüge erbracht haben, dass die klimatischen Factoren von einem entscheidenden Einfluss auf das Wachsthum der Pflanzen sind, ist es selbstverständlich, dass man umgekehrt aus den Fortschritten einzelner Pflanzen oder ganzer Culturen an irgend einem Zeitpunkte des Vegetationsjahres auf den bis dahin stattgehabten Witterungsverlauf einen Schluss ziehen darf, sowie man auch aus der Flora einer Gegend ohneweiters einen Schluss auf den Charakter ihres Klimas machen kann. Würde man einen Botaniker, der eine Uebersicht und genauere Kenntniss der wichtigsten Pflanzenfamilien und Pflanzenarten hat, an irgend einen Ort der Erde hinzaubern können, ohne dass er wüsste, zu welcher Zeit und an welchen Ort dies geschehen ist, so könnte sich derselbe aus einer Vergleichung der Pflanzen ohneweiters darüber orientiren, in welchem Theile der Erde, in welcher geographischen Breite oder welcher Höhe er sich befindet und welche Jahreszeit die Pflanzenentwicklung anzeigt. Wenn zur Ausbildung der Blüthen und zum Eintritt der Reife eine bestimmte Temperatursumme nothwendig ist, so kann man auch aus dem ersten Auftreten der Blüthen darauf

schliessen, dass diese Wärmesumme im vorausgegangenen Abschnitt der Vegetationsperiode bereits erreicht worden ist; aus reicherer oder ärmerer Entwicklung der Vegetationsorgane, der spärlichen oder dichten Bestockung der Gräser, der vergleichsweisen Grösse der Pflanzen wird man aber schliessen können auf die Intensität und Dauer der Insolation, auf die Feuchtigkeits- und Niederschlagsverhältnisse und auf die Fruchtbarkeit des Bodens.

Es gewährt deshalb ein grosses Interesse für den Landwirth, wenn er sich nicht allein auf meteorologische Beobachtungen beschränkt, sondern auch Beobachtungen über den Eintritt gewisser Entwicklungsphasen an seinen Culturpflanzen und an den wildwachsenden Pflanzen macht, d. h. wenn er phänologische Beobachtungen anstellt. Vor Allem soll er den Eintritt der Blüthe seiner Culturpflanzen und die erste beobachtete Reife sich notiren, nicht blos für krautartige, sondern auch für holzartige Gewächse, namentlich für die Obstbäume. Der besseren Vergleichbarkeit wegen ist es gut, wenn er dieselben Individuen wählt und für diese Notizen sammelt, wobei alle anderen modificirenden Einflüsse eliminirt sind. Wird die erste Blüthe für Wiesenpflanzen notirt, so beziehe sich die Ermittlung auf dieselbe Wiesenparcelle; bei Feldpflanzen entweder auf dieselbe Feldparcelle oder eine solche derselben Rotation, in welcher Lage und Bodenbeschaffenheit keine grossen Verschiedenheiten bedingen. Derartige Beobachtungen werden jedenfalls sehr werthvolle Ergänzungen der meteorologischen Beobachtungen bilden. Es findet hier ungefähr ein ähnliches Verhältniss statt, wie zwischen der Beurtheilung des Weines nach einer vorliegenden chemischen Analyse und seiner Beurtheilung nach seiner Wirkung auf die Geschmacksnerven eines erfahrenen Weinkosters; die Analyse gibt immer nur Einzelnheiten, der Weinkostversuch beurtheilt den Gesammteindruck aller Eigenschaften. So gibt auch der Eintritt der einzelnen Entwicklungsphasen der Pflanzen ein Gesammtbild über die Einflüsse aller klimatischen Factoren zusammengenommen; sie bilden gleichsam das Facit aller einzelnen meteorologischen Beobachtungen insgesammt. Der Botaniker, der allein solche Beobachtungen machen kann und Interesse dafür hat, wird in entschiedenem Vortheil gegenüber dem Nichtbotaniker sein, daher auch von jedem Landwirthe

verlangt werden kann, dass er bis zu einem gewissen Grade Botaniker sei. Er wird als phänologischer Beobachter in der Lage sein, seine Felder einzutheilen in solche, die eine frühere, mittlere und spätere Reife ermöglichen; er wird die Anbauzeiten für die verschiedenen Früchte auf seinen verschiedenen Feldern reguliren können, den Einfluss gewisser Bodenmeliorationen, insbesonders der Ent- und Bewässerung, der Baumpflanzungen u. s. w., vollständiger und treffender zu constatiren vermögen. Er wird darnach manche vortheilhafte wirthschaftliche Einrichtung treffen können und hat ausser dem wichtigen wissenschaftlichen Interesse, welches er befriedigt, auch einen oft schwer in's Gewicht fallenden materiellen Vortheil.

Von nicht geringem Interesse ist für den Landwirth, ähnlich wie für den Seemann, die wenigstens annähernd richtige Vorhersage der bevorstehenden Witterung. Denn der Erfolg vieler Dispositionen sowohl bei der Bestellung der Saaten wie bei der Ernte hängt von der augenblicklichen Witterung ab. Wer diese Arbeits-Dispositionen in den meisten Fällen in Uebereinstimmung mit der erforderlichen und wirklich eintretenden Witterung trifft, der wird hiebei grosse Vortheile erzielen, im Gegensatze zu Jenem, der bei all' seiner Arbeit mit der Ungunst der Witterungsverhältnisse zu kämpfen hat.

Aber nur eine vollständige fachliche Beherrschung der Meteorologie kann zur annähernden Lösung solcher Aufgaben führen; deshalb war es auch nur Meteorologen von Fach, wie einem Dove, Buys, Ballot und Anderen vorbehalten, unsere Einsicht in den Gang der Witterung wesentlich zu bereichern und es dahin zu bringen, dass wir nun auf Grund von Telegrammen aus einer Anzahl zweckmässig vertheilter Stationen die Witterungs-Prognosis für einige Tage mit einiger Wahrscheinlichkeit ableiten können, ein Fortschritt, der noch vor wenig Jahren von exacten Gelehrten für Schwindel gehalten worden ist. So wie man gegenwärtig bereits aus der Voraussage herannahender Stürme grosse Vortheile für die Sicherheit der Schifffahrt schöpft, so wird auch die praktische Landwirthschaft aus der Meteoroprognose, die seitens der Centralanstalten für Meteorologie ausgeht, Nutzen ziehen können. Bereits bestehen derartige Institute in der alten und in der neuen Welt. Der Landwirth wird bei der Anwendung der Witterungskunde

auf die Vorhersage der Witterung immer auf die Arbeit der Meteorologen von Fach und auf die Publikationen der grossen meteorologischen Institute angewiesen sein; er hat sich aber das Verständniss für die Anwendung der in der Meteorologie gegebenen Belehrungen und die Befähigung zu der ihm nie erspart bleibenden Beurtheilung eines gegebenen speciellen Falles auf Grundlage der von den Meteorologen gefundenen allgemeinen Gesetze anzueignen.

Witterungsregeln, Bauernregeln schliessen auf Grund von Vorkommnissen, die im Laufe vieler Jahre mit einander vergesellschaftet zu sein pflegen, auf die Wiederkehr derselben in anderen Jahren in ähnlicher Reihenfolge. Es liegt deshalb denselben immer irgend ein Körnchen Wahrheit zu Grunde, aber meist gilt ihr Ausspruch nur für ganz bestimmte Localitäten und Gegenden. Witterungsvorhersagungen dagegen, wie sie in den Kalendern für ein ganzes Jahr vorher und für einen oft ganz unbestimmten Leserkreis prophezeit werden, entbehren jeder Bedeutung.

LITERATUR.

1. Hand- und Lehrbücher.

J. R. Lorenz u. C. Rothe, „Lehrbuch der Klimatologie mit besonderer Rücksicht auf Land- und Forstwirthschaft". Wien 1874.

A. Masch, „Grundzüge der Witterungskunde für praktische Landwirthe und Studirende landwirthschaftlicher Lehranstalten". Wien 1875.

A. Grisebach, „Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung". Leipzig, 1872.

2. Zeitschriften.

Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie, redigirt von Jelinek und Hann, Wien.

3. Monographien und Abhandlungen.

H. Hoffmann, „Witterung und Wachsthum oder Grundzüge der Pflanzen-Klimatologie". Leipzig 1857.

Ebermayer, „Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden". Aschaffenburg 1873.

Wessely, „Die österr. Alpenländer und ihre Forste". Wien 1853.

A. Kerner, „Das Pflanzenleben der Donauländer". Innsbruck 1865.

W. Hecke, „Die Schwankungen des Roh- und Reinertrages einzelner Landgüter". Wien 1878.

H. W. Dove, „Ueber die Zurückführung der jährlichen Temperatur-Curve auf die ihr zu Grunde liegenden Bedingungen". Monatsberichte der k. Akademie der Wissenschaften in Berlin 1870.

C. Jelinek, „Ueber die mittlere Temperatur von Wien", Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften in Wien 1866.

H. Hoffmann, „Das Wärmebedürfniss der Pflanzen". Abhandlung der Senkenbergischen naturf. Gesellschaft, VIII. Band. 1873.

— — „Ueber thermische Constanten und Accommodation". Verhandlungen der k. k. zool.-bot. Gesellschaft in Wien 1875.

A. de Candolle, Sur la méthode des sommes de temperature appliquée aux phénomènes de la vegetation, Archive des sciences phys. et nat. 1875.

W. Köppen, „Wärme und Pflanzenwachsthum, Inaugural-Dissertation". Moskau 1870.

Pedersen, „Haben die Temperaturschwankungen als solche einen ungünstigen Einfluss auf das Wachsthum?" Arbeiten des botanischen Institutes zu Würzburg, I. Band, 1874.

Ueber das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen vergl. Goeppert, „Ueber die Wärme-Entwicklung in den Gewächsen, deren Gefrieren und die Schutzmittel gegen dasselbe". Breslau 1833, und in der Bot. Ztg. 1871; Sachs, in den Berichten der k. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften 1860 und in den landwirthschaftlichen Versuchs-Stationen 1860; G. Haberlandt: „Ueber den Einfluss des Frostes auf die Chlorophyllkörner". Oesterr. bot. Zeitschrift 1876.

G. Haberlandt, „Ueber die Winterfärbung ausdauernder Blätter", Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften in Wien 1876.

C. Fritsch, „Ueber die grössten Regenmengen in Oesterreich". Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie I. Band, 1866.

Hellriegel, „Wie viel Wasser beanspruchen unsere Getreidearten zur Production einer vollen Ernte?" Landw. Vereinsblatt für die Provinz Brandenburg 1871.

Fr. Haberlandt, „Ueber den Einfluss der Niederschlagsmengen auf die Grösse der Ernten", Oesterr. landw. Wochenblatt 1875.

C. Fritsch, Verschiedene pflanzenphänologische Abhandlungen in der Oest. Zeitschrift für Meteorologie und in den Sitzungsberichten und Denkschriften der k. Akademie der Wissenschaften in Wien.

VIERTER THEIL.

Der Boden.

Die oberste Schicht der Erdrinde, welche aus einer Anhäufung von gröberen und feineren Theilen der durch Verwitterung zerfallenen oder durch die mechanische Gewalt des Wassers zertrümmerten Gesteins- und Felsarten entstanden ist und in den meisten Fällen eine grössere oder geringere Menge von in Zersetzung begriffenen organischen Substanzen beigemischt enthält, heisst Boden. Der Grad der Verwitterung und Zertrümmerung der Gesteine im Boden kann mehr oder weniger vorgeschritten sein; nur wenn das Erstere der Fall ist, hat man einen Boden im landwirthschaftlichen Sinne; wiegen die Steine vor, so ist das wohl auch noch ein Boden, er eignet sich aber dann weniger für den Ackerbau, allenfalls noch für den Waldbau.

Der Boden nimmt nicht nur durch seine Zusammensetzung und seine mechanische Structur einen entscheidenden Einfluss auf das Wachsthum der Pflanzen, sondern auch durch seine Mächtigkeit. Bald kann die Erdschichte, welche den Boden bildet, nur einige Decimeter stark sein, in anderen Fällen kann ihre Mächtigkeit viele Meter betragen. In ersterer Beziehung darf ein gewisses Minimum nach unten hin nicht überschritten werden, wenn der Boden landwirthschaftlich benützt werden soll; indessen bewegt sich dieses Minimum je nach der Beschaffenheit des Bodens und den klimatischen Verhältnissen innerhalb ziemlich weiter Grenzen. In letzterer Beziehung wird aber kein Boden zu tiefgründig sein können, vielmehr wird im Allgemeinen der mächtigere Boden unter sonst gleichen Verhältnissen immer auch der bessere sein. Denn wenn auch bei

vielen Pflanzen die Wurzeln nur in geringe Tiefen zu dringen vermögen, so gibt es andererseits auch zahlreiche Tiefwurzler, wobei es namentlich auf die Beschaffenheit der tieferen Schichten ankommt, ob das Tiefenwachsthum der Wurzeln früher oder später sein Ende erreicht.

Thaer kam zu der Annahme, dass der Werth eines Bodens für jeden Zoll Zunahme der Ackerkrumentiefe über 6" um 8% steige. Wenn demnach der Werth des Bodens mit einer Tiefe von 6" = 50 angenommen wird, so ist bei einer Tiefe der Krume

von	7	Zoll	der	Bodenwerth	54
„	8	„	„	„	58
„	9	„	„	„	62
„	10	„	„	„	66
„	11	„	„	„	70
„	12	„	„	„	74
„	5	„	„	„	46
„	4	„	„	„	42
„	3	„	„	„	38

Bei noch grösserer Tiefe nimmt Thaer zwar auch noch eine Zunahme des Bodenwerthes an, aber in einem anderen Verhältniss.

Bei allen Böden, sowohl den seichten wie den tiefgründigen, kommt ferner in Betracht, ob der Boden in seiner ganzen Tiefe von durchaus gleichförmiger Beschaffenheit ist oder ob sich sein Mischungsverhältniss in verschiedenen Schichten ändert. In allen Fällen wird eine Veränderung der obersten Schicht, der Ackerkrume, schon durch die stattfindende Lockerung bewirkt. Weil diese gelockerte Schicht auch gedüngt wird, weil in dieser die meisten Wurzeln sich entwickeln, deren Zersetzung den Gehalt an Humus-Substanzen fortwährend erhöht, ist diese obere Schicht immer auch durch eine dunklere Färbung charakterisirt. Der Untergrund ist im Gegensatze zur Ackerkrume weit fester, er ist in der Färbung meist lichter, und in der Zusammensetzung entweder übereinstimmend mit dem Obergrund oder mehr weniger abweichend. Natürlich findet das günstigste Verhältniss statt, wenn auch der Untergrund für die Wurzeln zugänglich ist, wenn er den Wurzeln Pflanzennährstoffe bietet, wenn er in seinem Verhalten zu dem Obergrunde möglichst gut passt; in je geringerem Masse Letzteres gilt,

um so ungünstiger verhält er sich dem Wachsthum der Culturpflanzen gegenüber, und zwar in um so höherem Grade, je näher er an die Oberfläche des Bodens heraufrückt.

Der Zweck der landwirthschaftlichen Bodenkunde ist kein anderer, als der, das Verhalten der in der Natur vorkommenden Bodenarten sowohl im Allgemeinen, als auch bezüglich der einzelnen Culturpflanzen insbesondere, dann gegenüber der Cultur selbst zu erforschen. Deshalb sind vor Allem die Eigenschaften des Bodens, welche diesfalls massgebend sind, abzuhandeln.

ERSTES HAUPTSTÜCK.

Die Bestandtheile des Bodens.

Die Bestandtheile des Bodens sind entweder anorganische oder organische.

Zu den anorganischen Bestandtheilen gehören der Reihe nach:

1. gröbere und kleinere Gesteinstrümmer, welche das Skelet des Bodens bilden;
2. die sogenannte Feinerde.

1. Das Bodenskelet.

Zu den gröberen Gesteinen gehört das Gerölle, Gesteinsbrocken u. dgl., welche einen Durchmesser von über 1 Centimeter besitzen; als Grus oder Grand bezeichnet man Gesteinstrümmer, welche hinsichtlich ihrer Grösse zwischen Erbsen und Haselnüssen stehen. Auch den grobkörnigen Sand, welcher die Grösse von Hirse- oder Rapskörnern hat, kann man noch zum Bodenskelet rechnen.

Handelt es sich darum, den Gewichtsantheil zu bestimmen, welchen dies Skelet von einer gegebenen Bodenprobe einnimmt, so braucht man dieselbe nur in einem Lochsiebe, dessen Oeffnungen 1 bis 2 Millimeter gross sind, unter einem Wasserstrahl mit einem steifen Pinsel gut auszuwaschen, bis das Waschwasser rein abfliesst und den grobkörnigen Rückstand abzutrocknen und zu wägen. Weil derselbe kleinere und grössere

Steine enthält, kann man dieselben nach Belieben in Gruppen verschiedener Grösse sortiren.

Im Allgemeinen hat man die grösseren Gesteinstrümmer als unerwünschte Bodengemengtheile anzusehen; meist sind sie schwer verwitterbar, denn sie sind ja deshalb unzersetzt geblieben; sie erschweren die Bearbeitung des Bodens, sie vermindern die innere Oberfläche desselben, womit auch die Absorptionsfähigkeit des Bodens in jeder Richtung vermindert wird. Die Wurzeln werden wegen der geringen Oberfläche der Bodentheile auch eine weniger innige und ausgiebige Berührung mit denselben finden, also wird auch die Ernährung durch den Boden eine unvollständige sein.

Aus nachfolgenden Zahlenangaben ergibt sich deutlich die geringere Oberfläche der Bodenpartikelchen mit ihrer zunehmenden Grösse.

1 Cubik-Decimeter	hat	6	□Decimeter	Oberfläche	
1 „	„	60	□ „	in 1000 Cub.-Centimeter	getheilt
1 „	„	600	□ „	in 1 Million Cub.-Millim.	„
1 „	„	6000	□ „	in 1000 „ $^1/_{10}$ Cub.-Millim.	„

Es ist selbstverständlich, dass man nicht allein das Gewichtsverhältniss des Skelets zur Feinerde bestimmen sollte, sondern dass es auch auf eine genauere mineralogische und petrographische Prüfung desselben ankommt. Eine derartige Bestimmung wird beurtheilen lassen, ob etwa die Pflanzen in Folge der fortschreitenden Verwitterung dieses Bodenskelets einen Zuschuss an Nahrung zu erwarten haben oder ob dies nicht der Fall ist. Einigermassen werden sonach solche dem Boden beigemengte Steine auch nützlich in dieser indirecten Weise; direct können sie allenfalls von Vortheil sein in Thon- überhaupt sehr feinstaubigen Böden, die sich in Folge ihrer Feinheit durch den Regen sehr stark zusammensetzen und sehr zur Krustenbildung geneigt sind.

2. Die Feinerde.

Alle Bodenpartikelchen, welche einen Durchmesser unter 0·3 Millimeter Durchmesser besitzen, gehören der Feinerde an. Der Feinerdegehalt verschiedener Bodenarten ist durchaus nicht gleich, denn es kann das Verhältniss der Feinerde zum Skelete z. B. wie 1 : 4, wie 150 : 1, selbst wie 100 : 0 sein. Dass diese

Feinerde aus mehreren Gliedern besteht, erkennen wir leicht, wenn wir sie mit Wasser aufrühren. Ein Theil der Feinerde setzt sich dann bald wieder zu Boden; dies ist der Feinsand. Ein anderer Theil bleibt noch längere oder kürzere Zeit im Wasser suspendirt; dies sind die thonigen Massen. Die thonigen Theile bestehen nicht lediglich aus reinem Thon, vielmehr finden wir ausser kieselsaurer Thonerde noch sehr feine Sandtheilchen, Silicate, Carbonate u. s. w. in ihnen vor. Der Feinerde gehört auch an, was im Boden löslich ist.

Um eine Vorstellung zu geben von der Grösse der Bodenpartikelchen der Feinerde, möge hier eine Angabe über eine Bodenprobe folgen:

Skelet: Gesteinstrümmer	von	0·3	Millim.	bis	5	Centim. Durchm.	37·5 %
Feinerde: Körner	von	0·3	bis	0·1	Millimeter	„	19·2 %
„	„	0·1	„	0·06	„	„	8·13
„	„	0·06	„	0·05	„	„	2·5
„	„	0·05	„	0·04	„	„	7·2
„	„	0·04	„	0·03	„	„	5·0
„	„	0·03	„	0·02	„	„	6·4
„	„	0·02	„	0·01	„	„	2·9
und von 0.01 Durchmesser und lösliche Bestandtheile . . .							11·17
						Summe . .	100·00

In der Feinerde sind enthalten:

a) feiner Sand,
b) kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia,
c) kieselsaure Thonerde,
d) Eisenoxyd und Eisenoxydul,
e) ungelöste und gelöste Pflanzennährstoffe.

a) Feiner Sand. Ist der Sand aus der Feinerde ausgewaschen worden, so muss die Untersuchung der feinen Körner unter dem Mikroskop zeigen, ob sie grossentheils aus Quarz, Glimmer oder aus anderen Mineralien bestehen. Im ersten Falle werden sie für die Ernährung der Pflanzen bedeutungslos, im letzteren können sie durch fortschreitende Verwitterung neue Pflanzennahrung liefern. Dem Feinsande haften nach seiner Isolirung oft noch sehr feine Massen an, die eigentlich nicht zur Substanz des Feinsandes gehören und sich von demselben gar nicht trennen lassen; es können solche thoniger, kalkiger und anderer Natur sein.

Es wird von dem Feinheitsgrad dieses Feinsandes abhängen, inwieferne durch die Beimengung desselben die Beschaffenheit

des Bodens in günstiger oder ungünstiger Weise beeinflusst wird, ebenso von den gegebenen Mischungsverhältnissen.

b) Kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia. Beide Carbonate kommen in manchen Böden wohl in der Form des Sandes oder Gruses vor und sie stimmen dann bezüglich der Eigenschaften, welche sie dem Boden verleihen, mit dem Sande überein. Am häufigsten sind beide aber in sehr fein vertheilter Form vorhanden. Vorübergehend kann ein Theil davon bei grösserem Wasser- und Kohlensäurevorrath im Boden aufgelöst sein; trocknet aber der Boden aus, so werden diese Erden in sehr feiner Vertheilung wieder an den Bodentheilchen als dünner Ueberzug abgelagert.

Manchmal ist von kohlensaurem Kalk und der Magnesia mehr als die Hälfte des Bodengewichtes gebildet. In solchen Fällen ist an das Vorkommen dieser alkalischen Erden meist ein grösserer Gehalt an phosphorsaurem Kalk geknüpft. Aber auch deshalb ist der kohlensaure Kalk von Bedeutung, weil er die organische Substanz des Bodens zur schnelleren Zersetzung anregt. Man hat dies auch direct nachgewiesen, indem man die Kohlensäuremengen bestimmte, die sich aus einem feuchten, humusreichen Boden entwickelten, wenn kohlensaurer Kalk zugesetzt worden war oder nicht. Auch die Aufschliessung der im Thone des Bodens enthaltenen Alkalien befördert er, eine Wirkung, die schon bei einigen Procenten Kalk bemerkbar wird. Der Kalk wirkt zersetzend auf die Silicate; er tritt in die zersetzte Verbindung ein, während andere Basen austreten. Die alkalische Reaction des Bodens steht in Beziehung zu seinem Kalkgehalte. Er reagirt alkalisch wenn der Kalkgehalt über 1% steigt, bei geringerem Antheil sauer. Ferner ist der Kalk im Stande, schwefelsaures Eisenoxydul, welches sich zuweilen im Boden vorfindet, zu zersetzen; es bilden sich schwefelsaurer Kalk und kohlensaures Eisenoxydul; letzteres ist in kohlensäurehältigem Wasser ziemlich leicht löslich und liefert das Material zur Bildung von Ablagerungen, die im Wesentlichen aus Eisenoxydhydrat bestehen.

c) Die kieselsaure Thonerde ist für die landwirthschaftlichen Culturpflanzen im Boden als Pflanzennahrung nicht nothwendig und trotzdem spielt sie unter den Bodengemengtheilen eine sehr wichtige Rolle. Sie kommt im Boden wohl

niemals rein, sondern als Thon vor, d. h. sie ist beladen mit wechselnden Mengen von Alkalien, alkalischen Erden, Eisenoxyd, überschüssiger Kieselsäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure. Der Thon hat die sehr wichtige Eigenschaft, die für die Vegetation nothwendigsten Stoffe: das Ammoniak, Kali, die Phosphorsäure, die Erdsalze zurückzuhalten, also vor dem Wegschwemmen zu bewahren. Auch die physikalischen Eigenschaften des Thones sind von grosser Bedeutung, und zwar sowohl im günstigen wie im ungünstigen Sinn. Wenn es häufig unfruchtbare Thonböden gibt, so liegt die Ursache meist nicht im chemischen Bestande, sondern in ungünstigen physikalischen Eigenschaften, z. B. Mangel an Lockerheit und Durchlüftung, zu grosser Feuchte u. s. w.

d) Eisenoxyd und Eisenoxydul. Jeder Boden enthält eine gewisse Menge Eisenoxyd und Eisenoxydul. Wenn aber der Gehalt des Bodens an diesen Verbindungen 7% übersteigt, so ist der Boden eisenschüssig.

Das Eisenoxydul erscheint nur in nassen, gewöhnlich thonigen Bodenarten als Thoneisenstein (kohlensaures Eisenoxydul + Thon); im Untergrunde von moorigen, schlammigen Bodenarten erscheint es als phosphorsaures Eisenoxydul, welches, mit der Luft in Berührung kommend, sich blau färbt und die Blaueisenerde bildet.

Das Eisenoxyd mit Thon innig gemengt, kommt als Röthel oder Gelberde vor. Der Raseneisenstein, Wiesenerz, Limonit (Eisenoxydhydrat mit Phosphorsäure) ist von ockergelber, braunschwarzer, selten lichter weisslicher Farbe (Sumpf-, Morasterz).

Die Oxydulverbindungen kommen nur in nassen Böden vor, welche vom Luftzutritte abgeschlossen sind; in gut gelüftetem und gelockertem Boden findet man gewöhnlich Eisenoxyd und seine hydratische Form. Aber auch im eisenschüssigen Boden, der gelockert ist, kann Eisenoxydul vorkommen, weil das Eisenoxyd auf Unkosten des Humus reducirt werden kann.

Eisenoxydul ist schädlich, weil seine Lösungen, von den Pflanzenwurzeln aufgenommen, als Gifte wirken; weil es ein grosses Absorptionsvermögen gegenüber dem Ammoniak zeigt, so dass dieses den Pflanzenwurzeln nicht zugänglich wird; weil es ferner den Sauerstoff bindet, um sich in Eisen-

oxyd zu verwandeln und so die Zersetzung des Humus verzögert, daher eisenschüssige Böden mehr Stallmist brauchen, um die gleichen Wirkungen zu erzielen.

Die Wirkung des Eisenoxyds dagegen ist keine direct nachtheilige, vielmehr wird eine reichliche Beimengung davon dem Boden nur ein höheres specifisches und Volumengewicht und eine grössere Erwärmungsfähigkeit verleihen, was an und für sich keine unerwünschte Wirkung ist.

Im Allgemeinen sind die Eisenverbindungen keine gern gesehenen; sie können einen sonst gut zusammengesetzten Boden völlig unfruchtbar machen. Durch den Kalk kann man die schädlichen Wirkungen der Eisenoxydulsalze aufheben; auch durch Entwässerung und Lüftung des Bodens kann der Landwirth hiezu beitragen.

e) Ungelöste Pflanzennährstoffe. Hieher sind insbesondere Sulfate, Phosphate und Nitrate zu rechnen, von welchen eben im Boden ein bestimmter Vorrath vorhanden sein muss, soll anders ein lebhaftes Wachsthum der Pflanzen unterhalten werden. Wenn man den Boden als Pflanzenernährer betrachtet, so kommen insbesondere die erwähnten Stoffe in Betracht, welche er nun in ausreichender oder auch unzureichender Menge enthalten kann. Hierüber kann die chemische Analyse Aufschluss geben, ohne dass sie indessen im Stande wäre, sichere Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Fruchtbarkeit eines Bodens zu liefern. Früher waren überdies die Methoden der chemischen Untersuchung der Bodenarten verschiedene, und wenn zwei oder mehrere Chemiker eine und dieselbe Bodenprobe analysirten, so haben sie meist abweichende Resultate erzielt, und zwar gerade bezüglich der wichtigsten Pflanzennährstoffe. Dies kann allerdings gegenwärtig vermieden werden; allein wenn die chemische Analyse auch alle diejenigen Verbindungen, welche die Pflanzen als Nahrung benöthigen, in ausreichender Menge nachweist, so ist damit noch immer kein Urtheil über den Grad der Fruchtbarkeit des Bodens möglich. Denn nicht alle Nährstoffe, deren Vorhandensein im Boden durch die Analyse sichergestellt ist, sind in einem solchen Zustande, dass sie zur Aufnahme geeignet wären; sie repräsentiren vielleicht ein todtes Capital, das gegenwärtig für die Ernährung der Pflanzen gar keine Bedeutung hat, eine solche aber möglicherweise später

erlangen kann. Ein Glimmerschieferboden von äusserster Sterilität kann z. B. bis 3% Kali besitzen, von welchem der an Fruchtbarkeit unübertroffene Nilschlamm nur $^1/_2$% aufweist; aber dieses letztere Quantum ist im Boden in einem für die Pflanzenwurzeln aufnehmbaren Zustande vorhanden, das erstere nicht. Und wenn selbst die wichtigsten Nährstoffe im Boden zu jeder Zeit in ausreichender Menge disponibel wären, so entscheiden doch diese nicht allein; vielmehr ist der Grad der Fruchtbarkeit in eben solchem, wenn nicht in noch höherem Grade, wie von dem chemischen Bestande, von den physikalischen Eigenschaften des Bodens abhängig.

Nichtsdestoweniger kann die chemische Analyse des Bodens der Praxis höchst wichtige Fingerzeige geben; sie kann, wenn z. B. Phosphorsäure, Schwefelsäure oder Kali, Magnesia, Kalk nur in minimalen Mengen in einem Boden vorkommen sollten, hierin die Ursache der Unfruchtbarkeit erblicken und die Art des Ersatzes bezeichnen; sie kann andeuten, was von dem Boden in der Zukunft zu erwarten ist, ob seine Erschöpfung früher oder später eintreten wird. Einen directen Massstab zur Beurtheilung der Fruchtbarkeit des Bodens kann sie aber nicht abgeben.

3. Organische Gemengtheile des Bodens.

Die organischen Reste, welche im Boden vorkommen, sind entweder noch im unzersetzten Zustande, als Stoppeln, Wurzeln, Laubstreu vorhanden, oder sind in der Zersetzung schon so weit vorgeschritten, dass man ihre organische Structur nur mehr mit dem Mikroskop, nicht aber mit freiem Auge zu unterscheiden im Stande ist. Organische Reste in solch' feinvertheiltem Zustande werden als Humus oder als Dammerde bezeichnet. In diesem Sinne ist aber der Humus von den Humuskörpern der Chemiker zu unterscheiden und der natürliche Humus dem künstlichen gegenüberzustellen, wie solcher z. B. aus Zucker durch Einwirkung verdünnter Säuren dargestellt werden kann. Der natürliche Humus liefert bei seiner schliesslichen Zersetzung alle Pflanzennährstoffe, und zwar Kohlensäure, Ammoniak, Salpetersäure und wird ausserdem die mineralischen Bestandtheile der verwesten organischen Körper frei werden lassen; der künstliche Humus wird nur Kohlensäure zu liefern vermögen.

Der Boden erhält nach seinem Humusgehalte verschiedene Bezeichnungen; so nennt man

Böden mit	0— 3%	Humus:	humusarm,
„ „	3— 5%	„	humushaltig,
„ „	5—10%	„	humos,
„ „	10—15%	„	humusreich,
„ „	15% u. m.	„	humusüberreich.

Die im Boden und an seiner Oberfläche sich ansammelnde Humusmenge hängt einerseits ab von der durchschnittlich während eines oder mehrerer Jahre erzeugten und absterbenden organischen Substanz, andererseits von der Schnelligkeit, mit welcher die Zersetzung und Auflösung der abgestorbenen Pflanzenmassen erfolgt; mit anderen Worten: von dem Verhältniss der Intensität, in welchem der Wachsthums- und Zersetzungsprocess der organischen Substanz zu einander stehen. Wird während einer Wachsthumsperiode die ganze Menge der dem Boden zugefallenen organischen Substanz zersetzt und aufgelöst, so kann sich keine Anhäufung von Humus dauernd bilden; betrifft die Auflösung nur einen Theil jener Menge und bleibt der andere übrig, um erst in den folgenden Jahren völlig zersetzt zu werden, so wird eine entsprechende Anhäufung von Humus stattfinden. Weil nun in jedem Klima alle Jahre bei gleichbleibenden Bedingungen das Wachsthum durchschnittlich gleich viel an organischem Abfallmaterial producirt und hievon ein gleich grosser Theil zersetzt wird, so muss auch die Grösse des unzersetzt bleibenden Theiles nahezu gleich und im Laufe der Jahre annähernd constant bleiben.

Ob sich dieser Vorgang innerhalb eines Jahres oder innerhalb vieler Jahre, wie im Walde, vollzieht, bleibt für unsere Verhältnisse im Grossen und Ganzen gleich, wenn auch anzunehmen ist, dass durch die Verschiedenheit der Jahreswitterung oder bei vieljährigen Pflanzen, wo auf einmal grössere Massen dem Boden zufallen, der Zersetzungsprocess verschieden schnell ausfällt und mancherlei Schwankungen in der Menge des sich jährlich bildenden Humus nothwendigerweise entstehen.

Das Endresultat der beiden für die Humusansammlung in entgegengesetzter Weise thätigen Processe hängt ab von der Verschiedenheit in der Wärme und Feuchtigkeit der Klimate und bringt, abgesehen von der Qualität, auch quantitativ sehr

verschiedene Effecte in der Menge des angesammelten Humus hervor.

Unter den Tropen bei der höchsten Energie des Wachsthums herrscht gleichzeitig die höchste Intensität in der Zersetzung und Auflösung der abgestorbenen Pflanzen und die Zersetzung geht hier so energisch vor sich, dass, wie von Boussingault berichtet wird, selbst im Dickicht der Urwaldes der nackte Mergel- und Sandboden in seiner natürlichen Farbe unverändert angetroffen wird. Eigentlicher Humusboden findet sich deshalb unter dem Aequator nicht oder nur bei einer bedeutenderen Erhebung von einigen tausend Metern. Dabei versteht es sich von selbst, dass auch in den Tropen beim plötzlichen Abfall grosser absterbender Pflanzenmassen vorübergehend und unter local besonders günstigen Bedingungen, welche die Zersetzung verlangsamen, selbst grössere Ansammlungen von Humus vorkommen können. Diesem Mangel an Humus unter den Tropen entspricht namentlich das Fehlen von Torfmooren; bei der hohen und gleichmässigen Temperatur jener Gegenden findet selbst unter Wasser die Zersetzung der vegetabilischen Massen so rasch statt, dass keine Ansammlung derselben für die Torfbildung statthaben kann.

Auf der anderen Seite zeigen Beobachtungen im hohen Norden, dass die abgestorbenen Pflanzen in Folge äusserst langsamer Zersetzung sich sehr lange erhalten und fast unverändert nach und nach anhäufen, so dass dort die Bildung der Torfmoore zu einer typischen Erscheinung wird.

In den zwischen den Gegensätzen des Südens und Nordens liegenden Breiten müssen sich nun im Boden verschiedene Humusmengen anhäufen, nach Massgabe sowohl der erzeugten organischen Substanz als des stattfindenden Zersetzungsprocesses, und zwar im Allgemeinen von Süden nach Norden im steigenden Verhältnisse.

Man könnte sich daher unter der Voraussetzung, dass die Menge der producirten organischen Substanz überall auf der Erde gleich gross wäre, die entstehende Humusschicht als eine Decke vorstellen, die nach Norden an Mächtigkeit gleichmässig zunimmt und in den beiden Grenzgebieten die geringste und grösste Stärke erreicht. Allerdings trifft diese Voraussetzung deshalb nicht zu, weil die Grösse der Production

an organischer Substanz in niederen Breiten jene in höheren überwiegt; allein dieser Umstand wird mehr als ausgeglichen durch die weit langsamere Zersetzung, welche unter höheren Breiten eine vielmal langsamere ist, als die Vegetation daselbst der südlichen gegenüber wegen geringerer Insolation und Wärme nachsteht.

Abgesehen vom Klima hat auch die Art der Cultur und Benützung des Bodens einen grossen Einfluss auf die Vermehrung oder Verminderung seines Humusgehaltes. Am günstigsten würde sich das Verhältniss gestalten, wenn der Boden mit seiner Pflanzendecke sich selbst überlassen bliebe und der Landwirth nicht alljährlich seinen Bedürfnissen entsprechend bedeutende Ernten an organischer Substanz dem Boden entnehmen würde. Der Forstwirth, der erst nach einer Reihe von Jahren den Abtrieb des Waldbestandes vornimmt, schont deshalb auch den Humusgehalt des Waldbodens viel mehr als der Landwirth und ist deshalb auch die Humusschicht im Walde eine viel mächtigere, als wie sie auf einem Ackerlande von gleicher Beschaffenheit vorgefunden wird. Es erklärt sich dies leicht aus dem im Herbste jährlich stattfindenden Blätterabfall, welcher der Masse nach mehr beträgt als der stattgehabte Holzzuwachs in demselben Jahre; erklärt sich ferner daraus, dass im Waldesschatten unter dem Einflusse grösserer Feuchtigkeit und Kühle die Zersetzung der Humus-Substanzen überhaupt langsamer vor sich geht; erklärt sich endlich aus dem Umstande, dass der Forstwirth keine Bearbeitung des Bodens gleich dem Landwirthe vornimmt, durch welche Lockerung des Bodens die Zersetzung des Humus ausserordentlich begünstigt wird.

Unter den landwirthschaftlichen Culturen erweisen sich am wirksamsten in der Erzeugung von Humus die Wiesen und Weiden.

Hier, wo keine Lockerung der oberen Bodenschicht statthat, sammeln die ausdauernden Wiesen- und Weidepflanzen durch das Absterben einer Generation nach der anderen in den Wurzel- und Stoppelresten allmälig einen grösseren Humusvorrath an, welcher, unter der schützenden Decke einer dichten Grasnarbe nur spärlich den Einwirkungen des Sauerstoffes der Luft preisgegeben, sich langsam zersetzt.

Unter den Pflanzen des Ackerlandes nähern sich diesen rasenbildenden Wiesen- und Weidegräsern in ihrer Bedeutung für die Humusansammlung am meisten die perennirenden Kleepflanzen. Auch bei diesen richtet sich das Wachsthum zum nicht geringen Theil auf die im Boden befindlichen Wurzeln, welche im Verhältnisse eben so viel mächtiger sind als die Blätter- und Stengelmasse viel bedeutender ist, als bei den Gräsern. Weil es aber bei der Cultur dieser Futterpflanzen niemals zu einer so vollkommenen Bedeckung des Bodens kommt wie bei dem Wiesen- und Weidelande, auf den Futterfeldern auch der Boden nach einer kürzeren Reihe von Jahren immer wieder gelockert wird, so darf es nicht Wunder nehmen, wenn die Humus mehrende und conservirende Eigenschaft solchen Culturlandes eine geringere ist, als die der Wiesen und Weiden.

Wenn wir vorhin auf die grosse Bedeutung des Humus hingewiesen haben, so muss andererseits auch hervorgehoben werden, dass derselbe unter Verhältnissen selbst in bedeutender Menge auftreten und doch wenig oder gar nichts zur Ernährung der Pflanzen beitragen, ja durch sein physikalisches Verhalten selbst das Pflanzenwachsthum beeinträchtigen kann.

Zum Verständniss dieser auffälligen Erscheinung genügt es, wenn hier bemerkt wird, dass der Humus auch in einer sehr schwer zersetzbaren Form vorkommt, weshalb er ungeeignet erscheint, an die Pflanzenwelt Nährstoffe abzugeben. Zu den äusseren Bedingungen, welche den Humus verhindern, in die letzten Zersetzungsstadien zu gelangen, gehören zuletzt anhaltende Trockenheit und beständige Nässe. Man findet deshalb solch' ungünstigen Humus im Gegensatze zu dem milden, dem Pflanzenwuchse förderlichen, in Haideländereien, Mooren, Torfgründen u. dgl. Weil die Humussäuren keine Mineralbasen zu ihrer Sättigung finden, heisst man derlei Humus einen sauren Humus und die Gräser, die auf demselben wachsen, wohl auch saure Gräser.

Den Humus der Haideländereien, von *Calluna vulgaris* herstammend, nennt man Haidehumus; man spricht wohl auch wegen des Gehalts des Humus an Gerbesäure von adstringirendem Humus, z. B. von Rinden und Blättern; Moder wird ein humusreicher, sehr fein vertheilter und schwer

zersetzbarer Schlamm genannt. Im Walde kommen gleichfalls solche Varietäten des Humus vor, die als dem Pflanzenwuchs ungünstige angesehen werden können; so unterscheidet man einen Taub- oder Faserhumus, einen Staub-, Wildhumus oder Rohhumus. Doch sind die unterscheidenden Merkmale dieser verschiedenen Humusvarietäten nirgends genau angegeben und ermittelt worden.

Schliesslich mag noch darauf hingewiesen werden, dass der Landwirth verschiedene wirthschaftliche Massregeln in Anwendung bringen kann, um auf den Humusgehalt des Bodens einzuwirken, sei es denselben zu vergrössern oder zu verringern. So kann der Landwirth allein schon mit geschickter Benützung des Pfluges, der Egge und der Walze, durch Regulirung der zersetzenden Einwirkung der Luft und Feuchtigkeit, auf die organische Substanz im Boden bis zu einem gewissen Grade nach seinen Wünschen einwirken. Dann stehen ihm in dem besonders günstigen Verhalten gewisser Culturpflanzen, in der Art des Anbaues und der Fruchtfolge noch wirksamere Mittel zu Gebote, um die erforderliche Humusmenge in seinem Boden zu erhalten und die unzureichende zu vermehren. So kann im Sandboden der Humusgehalt durch zu oftes Lockern vermindert, durch seichtes und selteneres Ackern besser erhalten werden. Boussingault erwähnt, dass die Landbebauer in den Aequatorialgegenden und schon in Oberitalien und Algier dem Boden nur eine oberflächliche Bearbeitung angedeihen lassen, und zwar deshalb, um die zu rasche Zersetzung der organischen Substanz im Boden zu mässigen und demselben die Bedingungen der Fruchtbarkeit möglichst zu erhalten. Gründüngung schafft viel Humus und würde man den höchsten Effect bei diesem Verfahren erzielen, wenn die Pflanzen in demjenigen Zeitpunkte, in welchem die grösste organische Masse gebildet, dieselbe aber noch grün und saftig ist und daher am raschesten sich zersetzt, also in der Zeit der Blüthe, untergepflügt würden.

Die Humusbildung würde ferner sehr lebhaft vor sich gehen, wenn man die ganze erzeugte organische Substanz in Dünger verwandelte; dies ist aber nur bei ausschliesslicher Viehzucht möglich. Stallmistdüngungen werden stets den Humusgehalt des Bodens erhöhen und von diesem Standpunkte aus sind sie den sogenannten Mineraldüngungen überlegen. Selbst

die Zufuhr von Torf wurde schon empfohlen, wobei man in Vorschlag brachte, den Torf vorher mit Kalk gemischt längere Zeit liegen zu lassen.

Ist aber Humus im Uebermass vorhanden, so kann man seine Zersetzung durch Zufuhr von Aetzkalk und Mergel durch fleissige Bearbeitung des Bodens, durch eine geeignete Fruchtfolge beschleunigen.

4. Der Ober- und Untergrund.

Bei Beurtheilung der Eignung eines Bodens für die Cultur der Nutzpflanzen müssen sowohl die oberen wie die unteren Schichten in Betracht gezogen werden, die man als Ober- und Untergrund zu unterscheiden pflegt. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Mächtigkeit des Obergrundes eine verschiedene ist und dass diese in erster Linie über die Möglichkeit des Anbaues dieser oder jener Culturpflanze entscheidet. Es muss hier aber bemerkt werden, dass eine scharfe Grenze zwischen Ober- und Untergrund nicht gegeben ist, dass man vielmehr von verschiedenen Gesichtspunkten aus die Grenzlinie zwischen beiden bestimmen kann, wobei sie höher oder tiefer zu liegen kommt.

So kann man als Obergrund (Ackerkrume, auch Vegetationskrume) diejenige Bodenschicht bezeichnen, welche durch den Pflug gewendet oder durch tiefer gehende Bodenbearbeitungs-Instrumente gelockert und durchwühlt wird. Dagegen unterscheidet man als Untergrund die nie von der Pflugschar berührte tiefer liegende Bodenschichte. Es kann nicht in Frage kommen, dass in dem mehr gelockerten Obergrunde in Folge der Lockerung und der dadurch ermöglichten Einwirkung der Atmosphärilien, ebenso auch in Folge der Düngung, mehr Nahrung vorhanden sein wird, und dass in dieser hauptsächlich die Wurzelausbreitung erfolgen wird. Hier gelangen die Wurzelrückstände nebst den dem Boden durch Düngung einverleibten organischen Substanzen zur Verwesung, hier wird die Humusbildung statthaben, welche, da der Humus in Folge der im Laufe des Jahres wiederholt vorgenommenen Bearbeitung mit den mineralischen Bestandtheilen des Bodens möglichst gut vermischt wird, der Ackerkrume auch im trockenen Zustande eine dunklere Farbe verleiht als den unteren Schichten. Die dunklere Färbung des Obergrundes wird aber nicht scharf von

der lichteren des Untergrundes abgegrenzt sein, theils deshalb, weil nicht jedesmal in gleicher Tiefe geackert und gedüngt wird, dann auch deshalb, weil die Wurzelbildung allmälig von oben nach unten abnimmt.

Dieser Gegensatz in der Färbung des Ober- und Untergrundes ist constant und wird es nur sehr ausnahmsweise möglich sein, dass der Humusgehalt in grösseren Tiefen zunimmt, in der oberen Schicht aber wegen oftmaliger Lockerung und in Folge der Aufbringung von Kalk, Mergel, Sand u. s. w. vermindert worden ist.

Einen Gegensatz zwischen Ober- und Untergrund kann man auch durch die Mischungsverhältnisse der einzelnen den Boden zusammensetzenden Bestandtheile ausgesprochen finden. Dort, wo der Boden oder das Verwitterungs-Product nicht unmittelbar dem Gestein aufsitzt, aus welchem dasselbe hervorgegangen ist, sondern sich vielmehr weitab von dem Orte seiner Entstehung in der Sohle des Thales oder in den Tiefebenen abgelagert hat, auf sogenannten angeschwemmten Böden, da sind in der Regel die älteren Ablagerungen, also die tiefer liegenden, anders beschaffen als die späteren und die jüngsten, welche eben die oberste Schicht des Bodens bilden. Je nachdem diese Anschwemmungen durch rasch oder langsam fliessendes oder durch stagnirendes Wasser erfolgten, sind die angeschwemmten oder abgesetzten Schichten gröbere und feinere. Es ist nicht immer der Fall, dass die tieferen Schichten die gröberen sind und aus Geröll, Schutt, Grus und Grand oder feinerem Sande bestehen, wohl aber ist dies das häufigere Vorkommen. Nachdem nun diese Ablagerungen nicht einige wenige Male, sondern in längerdauernden Perioden sehr häufig vorgekommen und theilweise unterbrochen vor sich gegangen sind, ist es keine seltene Erscheinung, dass der Untergrund in seinen Mischungsverhältnissen entweder in unmerkbaren Uebergängen oder ganz unvermittelt in den Obergrund übergeht.

Vom praktischen Standpunkte pflegt man zur Bezeichnung der Grenze zwischen Ober- und Untergrund weniger auf die Ungleichzeitigkeit der Bildung der einzelnen Bodenschichten, auch nicht auf die Verschiedenheit in der chemischen Zusammensetzung zurückzugreifen, vielmehr in der Regel sich der früher erwähnten Unterscheidung zu bedienen.

Endlich werden die verschiedenen Bodenschichten nach dem Eindringen der seichter und tiefer wurzelnden Culturpflanzen charakterisirt; man könnte vier Bodenschichten, eine Ackerkrume, einen Obergrund, einen Untergrund und einen Tiefgrund unterscheiden. In der Ackerkrume wurzeln fast ausschliesslich die Gräser und Getreidearten und einige andere, seicht wurzelnde Pflanzen von einjähriger Dauer, Buchweizen, Spörgel u. s. w. In die nächstfolgende Schicht, den Obergrund, treten bereits mit einem grösseren Theil ihres Wurzelsystems: die Hülsenfrüchte, Raps, Lein, Tabak, Hanf u. s. w. Auf sie folgen dann die mehrjährigen Kleearten und Futterpflanzen, welche bis in den Untergrund hinabwachsen, und schliesslich zahlreiche perennirende Pflanzen mit dem grössten Tiefgang der Wurzeln, wie Luzerne, Esparsette, Hopfen, Weinstock und die meisten Holzgewächse. Allerdings findet sich die Hauptmasse der Wurzeln in der obersten Schicht, der in die Tiefe gehende kleinere Theil ist am grössten bei den Pflanzen der vierten, am kleinsten und am wenigsten tiefgehend bei denen der ersten Gruppe. Zwischen beiden Extremen in der Mitte befinden sich diejenigen, welche der zweiten und dritten Gruppe angehören.

Der Untergrund wird um so günstiger für den Pflanzenwuchs sich verhalten, je mehr Nährstoffe derselbe enthält, je aufgeschlossener und zugänglicher derselbe den Pflanzenwurzeln ist, je geringere Widerstände derselbe der Wurzelverbreitung entgegensetzt, mit einem Worte, je günstiger seine physikalischen und chemischen Verhältnisse sich gestalten. Bei der Beurtheilung des Werthes eines Bodens wird man sich daher nicht mit der Untersuchung der Ackerkrume allein begnügen, sondern dieselbe auch auf den Untergrund ausdehnen müssen, wobei nicht erst bemerkt zu werden braucht, dass die Bestimmungen der physikalischen Eigenschaften wie der chemischen Zusammensetzung für die getrennt dem Boden entnommenen Proben in gleicher Weise erfolgt.

Es mag schon hier bemerkt werden, dass die vorzüglichste und für den Landwirth wichtigste Eigenschaft des Untergrundes seine Durchlässigkeit für Wasser ist. Ein Untergrund von guter Beschaffenheit muss das Wasser so tief hinabsinken lassen, dass der Untergrund-Wasserspiegel in einer bestimmten

Entfernung unter der Sohle der Vegetationskrume liegt. Diese Entfernung ist für die verschiedenen Bodenarten sehr verschieden und abhängig von dem Gefüge des Bodens, welches die capillare Erhebungszone in demselben bedingt. Für Gegenden, in welchen die Niederschläge des ganzen Jahres gering sind, ist es ein günstiger Umstand, wenn das Grundwasser durch die Capillarität soweit gehoben wird, dass es in den Bereich der Wurzeln gelangt. Ein Beispiel hiefür bieten im Tieflande die Ackerländereien, welche in der Nähe kleinerer und grösserer Flüsse sich ausdehnen und das Grundwasser schon in einer Tiefe von oft nur wenig Metern finden lassen, aus welcher es durch Capillarität in den Bereich der Wurzeln gehoben werden kann; auf solchen Feldern bleiben alle Culturen trotz des oft enormen Wasserverbrauchs den ganzen Sommer über frisch.

Ist der Untergrund undurchlassend, so ist Nässe der Vegetationskrume die Folge. Hat der undurchlassende Untergrund aber eine geneigte Lage, so kann die Ackerkrume einen entsprechenden Feuchtigkeitsgehalt besitzen.

Schichten von Gerölle, Geschiebe, Schotter, grobem Sand, Mergel, magerem Lehm geben einen durchlassenden Untergrund, wohingegen Felsen (mit Ausnahme gewisser poröser Gesteine, Muschelkalk, Kreide, zerklüftete Felsmassen) ferner Thon, sehr feiner Mergel, ganz feiner Sand einen undurchlassenden Untergrund bilden. Torf- und Moorländereien haben gewöhnlich einen aus Lehm und Thonlagern gebildeten undurchlassenden Untergrund. Dieser ist eben Ursache der Ansammlung übermässiger Feuchte und der stattfindenden Versumpfung, welche das Auftreten einer besonderen Vegetation im Gefolge hat und die Bildung von Torflagern aus den Resten früherer Pflanzen-Generationen bewirkt.

Die klimatischen Verhältnisse sind vorzugsweise von Einfluss auf die Einwirkung der Durchlässigkeit oder Undurchlässigkeit des Untergrundes. In Gegenden, die reich an Niederschlägen sind, ist die Undurchlässigkeit eine schlimme Eigenschaft; der ungünstige Einfluss einer solchen wird noch merkbarer, wenn auch der Obergrund undurchlässig ist, was in solchem Falle meist vorzukommen pflegt. Das meiste Wasser enthält solcher Boden im Herbst und im Frühjahr nach schneereichen Wintern. Die Bestellung wird im Herbst und im Früh-

jahr verzögert oder unmöglich gemacht und das Wachsthum ist gleichfalls ein verspätetes. Ist Ackerkrume und Untergrund undurchlassend, so bessert auch eine geneigte Lage des Bodens wenig. Nicht selten haben undurchlässige Schichten eine muldenartige Ausdehnung und Verbreitung, oder sie nehmen eine wellige Form an, wo dann streckenweise die Aecker feucht oder trocken sein können.

Zur Angabe der Beschaffenheit des Untergrundes gibt es mancherlei Bezeichnungen, deren gewöhnlichste hier angeführt werden mögen, z. B.:

Anhaltender gleichartiger Untergrund; wenn seine charakteristischen Merkmale von denen des Obergrundes nicht abweichen.

Abfallender Untergrund; wenn er wesentlich andere Bestandtheile führt als der Obergrund.

Durchlässiger saugender Untergrund; mit durchlassendem Gefüge.

Verschlossener Untergrund; die Wurzeln vermögen so wenig in den plastischen Thon einzudringen, als das Wasser durchzusickern vermag.

In der Tiefe verschlossener Untergrund, wo die Undurchlässigkeit des Untergrundes nach unten zunimmt.

Strenger Untergrund; thonreich, aber nicht so vollständig undurchlassend wie der verschlossene.

Hitziger Untergrund; trocken, sandig, kiesig.

Nasskalter, kaltgründiger Untergrund; diese Eigenschaften sind Folge der Undurchlässigkeit, er ist also identisch mit dem verschlossenen und undurchlassenden.

Fester Untergrund; dichte steinartige Schichten aus feinstem Sande und Mergel.

Eisenschüssiger Untergrund; enthält viel Eisen; wenn nass: Eisenoxydul, wenn trocken: Oxyd; zeichnet sich durch gelbe, rothe oder blaue Färbung aus.

ZWEITES HAUPTSTÜCK.

Die physikalischen Eigenschaften des Bodens.

Die Pflanzenwurzeln verbreiten sich im Boden. Diese Verbreitung wird, abgesehen von dem Vorrath an Pflanzennährstoffen, beeinflusst von dem specifischen Gewichte, von der Cohäsion oder Cohärescenz, von dem Gefüge und der Structur des Bodens.

ERSTER ABSCHNITT.

Das specifische Gewicht des Bodens.

Vor Allem muss der Boden den Pflanzen einen hinreichend festen Standort bieten; er muss stabil sein, soll er nicht vom Winde gehoben und fortgetragen werden, was namentlich beim Vorkommen des feinen Staubhumus und des feinen Sandes (Flugsand) der Fall ist. Ein solcher Boden ist in seinen obersten Schichten in fortwährender Wanderung begriffen, dabei werden zur Anbauzeit die Samen blossgelegt, nach erfolgtem Auflaufen der Saat die Wurzeln entblösst, später noch, wenn die Pflanzen schon tiefere Wurzeln gefasst haben, mit ihrem Stengel umgelegt.

Damit der Boden stabil sei, müssen seine Gemengtheile vor Allem ein gewisses specifisches Gewicht besitzen. Bei den einzelnen Gemengtheilen kann es zwischen 1·2 bis 2·9 schwanken. Mengungen in verschiedenen Verhältnissen müssen sonach auch die verschiedensten Abweichungen hinsichtlich ihres specifischen Gewichtes ergeben.

Nicht zu verwechseln ist mit diesem specifischen Gewicht das Gewicht des Bodens für ein gewisses Volumen. Letzteres ist natürlich geringer als das erstere, da ja das Volumengewicht sich auf Erdproben bezieht, deren Poren lufterfüllt sind, während das specifische Gewicht mit Ausschluss aller Zwischenräume berechnet wird. Auch wird nicht etwa von den einzelnen Gemengtheilen des Bodens das specifische Gewicht gesondert bestimmt, sondern immer das Durchschnittsgewicht.

In der Regel wird zur Bestimmung des specifischen Gewichtes folgendes Verfahren angewendet:

Man wiegt erst ein Fläschchen mit destillirtem Wasser gefüllt, F + W, hernach die Erdprobe E. Hierauf wird die Bodenprobe in das Fläschchen gefüllt und alle Luft in demselben durch das Anfüllen mit Wasser verdrängt. Zu dem Zwecke kann man wohl auch, um die Luft sicher und vollständig zu vertreiben, die Erdprobe, mit Wasser zu einem dünnen Brei angemacht, erst in einer Porzellanschale erhitzen. Die zweite Wägung des Fläschchens, verglichen mit dem Gewichte F + W + E, ergibt als Differenz das Gewicht des Wassers, das zur Ausfüllung der erderfüllten Räume erforderlich war; diese Differenz wird in das absolute Gewicht der verwendeten Bodenprobe dividirt und der Quotient gibt das specifische Gewicht.

Aus der Kenntniss des specifischen Gewichtes kann man übrigens nur selten auf die Beschaffenheit des Bodens schliessen, da ja bei einem und demselben specifischen Gewicht die mannigfaltigsten Mischungen denkbar sind. Immerhin würde aber ein specifisches Gewicht von mehr als 2·6 einen bedeutenden Eisengehalt andeuten, während ein geringeres als 2·4 einen namhafteren Gehalt an Humus anzeigen würde.

Nach Schübler sind die specifischen Gewichte

von Kalksand	= 2·722
„ Quarzsand	= 2·653
„ Gyps	= 2·331
„ lettenartigem Thon	= 2·601
„ lehmartigem Thon	= 2·581
„ steingrauem Thon	= 2·533
„ kohlensaurem Kalk, sehr fein vertheilt	= 2·468
„ kohlensaurer Magnesia, sehr fein vertheilt	= 2·194
„ Humus	= 1·370
„ Ackererde	= 2·401

Vielfach kommt das Gewicht eines Bodenvolumens in Betracht, denn bei der Arbeit des Pfluges und den anderen Instrumenten, welche den Boden bearbeiten, kommt es auch auf das Gewicht der Krume an, welche in Bewegung gesetzt werden soll. Man bestimmt dieses Gewicht, indem man ein Gefäss von bestimmtem Volumen, z. B. 1 Cubik-Decimeter, mit Erde füllt (am besten, indem man mittelst der scharfen Ränder des

Gefässes den Boden absticht) und im lufttrockenen Zustande abwägt. Im feuchten Zustande würde man je nach dem wechselnden Wassergehalte sehr verschiedene Gewichte erhalten, ebenso bei Bodenproben, die verschieden locker und fest sind, daher man die Proben an ihren natürlichen Lagerungsverhältnissen entnimmt.

Wird das Volumengewicht einer Bodenprobe mit dem Gewichte eines gleichen Volumens Wasser verglichen, so erhält man das scheinbare specifische Gewicht. Wolff besimmt dasselbe für die Feinerde in der Weise, dass er dieselbe portionenweise in einen calibrirten Glascylinder einfüllt und das Glas gelinde schüttelt. Es leuchtet ein, dass je nach dem Feinheitsgrade und je nach der Zusammenlagerung dieses scheinbare specifische Gewicht selbst für dieselbe Bodenprobe höchst verschieden ausfällt und zwischen 1·01 bis 1·4 und selbst darüber hinaus schwanken kann.

Hat man das scheinbare und wirkliche specifische Gewicht eines Bodens ermittelt, so ist es leicht, die Volumenverhältnisse der Bodenprobe festzustellen. Denn man findet das Volumen, welches die festen Bodentheilchen in einer bestimmten Erdmenge einnehmen, indem man das scheinbare durch das wirkliche specifische Gewicht des Bodens dividirt. Nimmt eine bestimmte Bodenmasse im absolut trockenen Zustande das Volumen = 1 ein, und ist das scheinbare specifische Gewicht = G, das wirkliche aber G_1, und nennen wir das Volumen der festen Bodentheilchen = C, dasjenige aber der Hohlräume zwischen den Bodentheilchen = C_1, so ist

$$C = \frac{G}{G_1}$$

$$C_1 = 1 - C$$

$$C_1 = 1 - \frac{G}{G_1}$$

und will man die gesammten Verhältnisse für die Bodenmasse = 100 berechnen, so ist es nur nöthig, die für C und C_1 gefundenen Werthe mit 100 zu multipliciren.

Zu bemerken ist, dass die luftführenden Räume in dem Masse zunehmen, als die einzelnen Bodenpartikelchen kleiner werden, aus dem Grunde, weil sich die Theilchen, je kleiner sie sind, umsoweniger innig aneinander legen. Bei einem Versuch, bei welchem man einen gewöhnlichen Streusand in Körner

von vier verschiedenen Feinheitsgraden sortirte, betrugen die luftführenden Räume der Reihe nach bei

1. den grössten Körnern . . . . . 40·0%
2. „ nächst kleinen Körnern . . . 42·8%
3. „ „ „ „ . . 45·2%
4. „ kleinsten Körnern . . 47·9%

Vergleicht man die specifischen Gewichte einiger Bodenarten mit den Verhältnisszahlen für die Volumengewichte, so ergibt sich, dass beide ziemlich parallel gehen; so nach Schübler:

	Specifisches Gewicht	Volumgewicht-Verhältnisszahl
Kalksand	2·822	2·088
Quarzsand	2·753	2·044
Gyps	2·358	1·676
Magerer Thon	2·701	1·799
Fetter Thon	2·652	1·621
Reiner Thon	2·591	1·376
Feine Kalkerde	2·468	1·006
Humus	1·225	0·632
Gartenerde	2·332	1·499
Ackererde *a)*	2·401	1·537
„ *b)*	2·526	1·731

ZWEITER ABSCHNITT.

Consistenz und Cohärescenz, Structur, Gefüge und Lockerheit des Bodens.

Ein Boden, der noch nie eine Bearbeitung erfahren hat oder sehr lange Zeit sich selbst überlassen worden ist, befindet sich in seinem natürlichen Gefüge; bei diesem sind die einzelnen Gemengtheile so innig aneinander gelagert, dass sie weder durch anhaltende Regen, noch durch ihr eigenes Gewicht inniger zusammen sickern können. In solchem Zustande hat der Boden ein dichtes Gefüge, in solchem setzt er der Verbreitung der Pflanzenwurzeln Hindernisse in den Weg und muss der Boden gelockert werden. Am unvollständigsten wird diese Lockerung ausfallen, wenn durch den Pflug ein langer zusammenhängender Erdstreifen langsam umgewendet wird; viel besser, wenn durch ein steiles abstehendes Streichbrett, wie ein solches beim Ruchadlo vorkommt, der Erdstreifen zerkrümelt und zerbröckelt wird. Noch mehr ist dies der Fall,

wenn zugleich eine rasche Bewegung des bodenbearbeitenden Geräthes ausgeführt wird, wodurch, wie bei dem Dampfpflug, die ganze Erdmasse, in welcher der Pflugkörper sich bewegt, gleichsam in Fluss geräth. Die Lockerung ist eine um so gründlichere, je grösser die Volumenzunahme ist, welche der Boden dabei erfahren hat. Diese Volumenzunahme kann selbst $^1/_4$ des Volumens des festgefügten Bodens ausmachen; dieselbe ist aber dann am erwünschtesten, wenn nicht etwa zwischen einzelnen grossen Brocken oder Schollen grössere Hohlräume und Klüfte sich befinden, sondern wenn die Krümelung bis auf kleine Bröckchen vor sich gegangen ist, die sich so dicht aneinander lagern, dass ihre Zwischenräume von capillaren Hohlräumen wenig verschieden sind. In solchem Zustande setzt sich der Boden aus kleinen Erdkrümeln zusammen, die locker beisammen liegen und, für sich betrachtet, aus einer festeren Zusammenlagerung einer grösseren Zahl einzelner Bodenpartikelchen bestehen, die wieder dichter oder lockerer zusammengefügt sein können. Diese Erdbröckchen sind in der Form rundlich, von verschiedener Grösse und lassen sich aus einem gemürbten Boden selbst Sorten von allen Grössen darstellen, deren Durchmesser zwischen 0·1 und 0·01 eines Millimeters bis zu 3 bis 4 Millimeter variirt; je grösser der Antheil an den kleineren Bröckchen ist, um so besser gemürbt ist der Boden; es hängt hauptsächlich von dem jeweiligen Feuchtigkeitszustande desselben ab, ob er beim Krümeln in mehr grössere oder kleinere derartige Bröckchen zerfällt.

Man nennt nun einen Boden locker, wenn sich auch die kleinen Bröckchen leicht zwischen den Fingern krümeln und zerreiben lassen; derb ist er, wenn sich diese kleinen Bröckchen zwar zerbrechen und in kleinere Bruchstücke theilen, sich aber zwischen den Fingern nicht zerreiben lassen; endlich wird der Boden als ein fester, bindiger bezeichnet, wenn sich die grösseren Stücke von etwa 1 Cubik-Centimeter Grösse weder mit den Fingern brechen, noch weniger aber zerreiben lassen.

Auch das Abfärben der trockenen Erde gibt einen Massstab zur Beurtheilung ihrer Festigkeit; dabei ist aber zu bemerken, dass an festen Körpern mit rauher Oberfläche, z. B. einem rauhen Stein, sich alle Erden abfärben, nicht aber an

weichen Körpern, z. B. an der Handfläche. Lockere Erden färben die Hand schon beim Berühren, die derben geben einen kreideartigen Strich, die festen färben gar nicht ab.

Senft unterscheidet unter den verschiedenen Bodenarten je nach ihrer leichteren oder schwereren Durchdringlichkeit für Wurzeln:

1. Lose oder sehr lockere Bodenmassen, deren Zusammenhang im trockenen Zustande schon durch geringe Luftströmungen unterbrochen oder aufgehoben werden kann, welche nur bei voller Durchnässung einigen Zusammenhang zeigen und vorherrschend aus Sand oder pulverigem Kalk bestehen.

2. Lockere oder leicht zu durchdringende Bodenmassen, welche auch im ziemlich trockenen Zustande soviel Zusammenhang zeigen, dass sich ihre Masse in der Hand zu einem Ballen zusammendrücken lässt, welcher indessen schon beim sanften Niederfallen wieder zerkrümelt. Solche lockere Bodenarten ändern ihre Lockerheit auch bei der Durchnässung nur wenig.

3. Bindige, schon ziemlich schwer zu durchdringende Bodenmassen, welche im trockenen Zustande eine compactere Masse bilden, deren Krümchen unter einander mehr verschmolzen sind, ohne jedoch beim vollen Durchnässen schlammig zu werden. Sie lassen sich in feuchtem Zustand in der Hand ballen und zu Scheiben glatt drücken, aber nicht in dünne Cylinder auswalzen. Auch zerfallen die aus ihnen geformten Ballen, wenn sie zur Erde geworfen werden, ohne sich breit zu drücken.

4. Zähe, sehr feste Bodenmassen, welche im trocknen Zustande steinharte Brocken bilden, im mässig durchfeuchteten Zustande eine innig zusammenhängende, knet-, walz- und streckbare Masse, im durchnässten Zustande eine seifige, klebrige, beim Schneiden mit dem Messer lockige Späne und beim Bearbeiten mit dem Pfluge grosse glattgestrichene Erdballen, im vom Wasser durchdrungenen Zustande endlich einen dünnen, bindungslosen Schlamm darstellen. Die aus ihrer Masse geformten Ballen drücken sich beim Niederwerfen breit, ohne zu zerfallen.

Gelockerter Boden geht wieder in den Zustand grösserer Festigkeit und endlich in sein natürliches Gefüge über, wenn

seine einzelnen Theilchen möglichst dicht zusammengelagert werden und in Folge ihrer innigeren Berührung die Cohärescenz derselben sich wieder mit grösserer Energie geltend machen kann. Am meisten trägt hiezu ein ausgiebiger Regen bei, der in kurzer Zeit so viel Wasser den oberen Schichten des Bodens zuführt, dass dasselbe nicht Zeit hat, sich in den capillaren Hohlräumen nach abwärts zu vertheilen. Die Folge ist, dass die einzelnen Bodenpartikelchen in's Fliessen kommen, sich schlammförmig vertheilen und beim Austrocknen dicht zusammensetzen. Reicht die Menge des Niederschlages nur aus, um die oberste Bodenschicht von 1·1 bis 4 Centimeter Stärke in dieser Weise zusammenzuschwemmen, so wird bei erfolgendem Austrocknen eine dünnere oder dickere Kruste sich bilden; ist aber der Niederschlag sehr ausgiebig gewesen, beträgt er z. B. für 24 Stunden 30 und mehr Millimeter, so kann auch die gesammte Vegetationskrume sich dicht zusammenlagern und der ganze Vortheil zunichte gemacht sein, welcher durch die vorausgegangene Bodenbearbeitung erzielt worden ist. Ein solcher Fall tritt im Sommer nach heftigen Gewitterregen und Wolkenbrüchen ein; in der Regel erfolgt ein solches Setzen des Bodens auch über Winter, namentlich dann, wenn der Boden, bevor er gefroren ist, während der Herbstregen viel Wasser aufgenommen hat und eine mächtige Schneedecke den nicht gefrorenen Boden belastet. Auch bei weniger heftigen Regen kommt es vor, z. B. bei Landregen, die zwar ausgiebige Niederschlagsmengen, aber innerhalb eines längeren Zeitraumes liefern, dass das Regenwasser, welches in den Boden eindringt und nach abwärts fliesst, die feineren Bodenpartikelchen mit hinunterschwemmt und in dem unteren Theile der Ackerkrume eine Verdichtung derselben bewirkt; auf diese Weise kann es auch kommen, dass ein früher durchlässiger Untergrund allmälig verstopft und undurchlässig wird.

Wenn ein derart zusammengelagerter Boden völlig austrocknet, so wird seine Consistenz oder Cohärescenz so gross, dass er sich nur mit der grössten Anstrengung pflügen lässt und steinharte Schollen bildet, deren Zertrümmerung wieder nur mit grossem Aufwande an Arbeit erfolgen kann. Bei mässiger Feuchtigkeit dagegen geht die Bearbeitung am besten von statten, doch ist zu bemerken, dass dieser wünschens-

werthe Feuchtigkeitsgrad bei verschiedenen Bodenarten ziemlich verschieden ist und dass der praktische Landwirth mit Vortheil die Feststellung jenes Feuchtigkeitsgehaltes seiner Böden vornehmen könnte, bei welchem die Krümelung desselben am leichtesten und vollständigsten erfolgt.

Böden, welche in dieser Beziehung bei der Bearbeitung Schwierigkeiten bereiten und bei welchen die Einhaltung des richtigen Feuchtigkeitsgehaltes beim Pflügen, Eggen u. s. w. sich als ganz besonders wichtig erweist, nennt man schwer, streng, zähe, widerspänstig, gebunden u. s. w. Wird bei der Bearbeitung solcher Böden nicht mit der nöthigen Sorgfalt verfahren, so kann der Acker oft auf lange Zeit hinaus verdorben werden. Bei zu grosser Trockenheit wird er zu steinharten Schollen brechen; er wird einen grossen Kraftaufwand beanspruchen und die Solidität der Geräthe in hohem Grade in Anspruch nehmen. Ist er aber zu feucht, so wird er sich schmieren; es wird ein Anhaften des Bodens an die Ackergeräthe vorkommen; die Furchensohle wird festgestrichen, ebenso wird der umgelegte Erdstreifen festgedrückt, was eine um so grössere Erhärtung desselben bei nachfolgender Austrocknung zur Folge hat. Dasselbe gilt auch von all' den Ackerstellen, wo durch die Hufe der Thiere ein Festtreten des Bodens statthat.

Die Consistenz oder Cohärescenz des Bodens wird beeinflusst durch die Beschaffenheit der Bodentheilchen sowohl nach ihrer chemischen Seite, wie durch ihren Feinheitsgrad. Sand und Humustheile haben eine geringere Cohärescenz als z. B. Kalk in fein vertheiltem Zustande; dieser hängt nicht so fest zusammen als wie Thon. Je feiner die Bodentheilchen sind, um so grösser ist die Cohärescenz; dabei ist es jedoch nicht nothwendig, dass der gesammte Boden aus feinsten Theilchen bestehe, es genügt, dass nur eine gewisse Menge feinster Theilchen vorhanden sei, hinreichend, um die grösseren Partikel von allen Seiten einzuhüllen und gleichsam zu verkitten. Es tritt hier ein ähnliches Verhältniss auf, wie beim Verkitten der Mauersteine mit Mörtel; so wie diese, wenn ein haltbarer Mörtel angewendet wird, so fest zusammenhalten, als wären sie zu einem einzigen Steinblock verwachsen, ebenso kann auch solcher Boden sehr harte Schollen bilden, welcher

gröberen Sand und Grus oder auch grössere Steine beigemischt enthält.

Ueber die Cohärescenz-Verhältnisse des Bodens liegen bisher noch wenig Untersuchungen vor. Schübler befeuchtete die zu untersuchenden Bodenproben und formte quadratische Balken von 1 Zoll Seitenlänge daraus. Nach erfolgter Austrocknung legte er sie mit ihren Enden auf Widerlager, belastete sie mit Gewichten, welche auf die in der Mitte der Erdbalken aufgehängte Wagschale gelegt wurden. Die Grösse der Belastung, welche aufgewendet werden musste, bis diese Balken brachen, lieferte die Vergleichszahlen zur Beurtheilung der relativen Festigkeit oder Tragfähigkeit, wobei die des reinen Thones = 100 gesetzt wurde. Er fand dabei für die einzelnen Bodengemengtheile folgende Werthe:

Quarzsand	0
Kalksand	0
Thon	100
Kalkerde	5
Humus	8·7
Ackererde	35·0

Eine bequeme und sehr brauchbare Methode, die Cohärescenz-Verhältnisse eines Bodens zu bestimmen, besteht darin, dass man die zu untersuchende Erdprobe gut durchmischt, und zwar in feuchtem Zustande, und nur so viel Wasser zusetzt, dass sich dieselbe zwar gut kneten und stampfen, das Wasser sich jedoch zwischen den Fingern nicht herauspressen lässt. Ist die durchfeuchtete Bodenprobe gut abgemischt, so wird sie in beiderseits offene, 10 Centimeter lange und etwa 2 Centimeter weite Glascylinder in kleinen Portionen derart eingestampft, dass die Erde ganz gleichmässig zusammengelagert ist und keine Hohlräume, Hohlgänge, Spalten u. dgl. sich zwischen derselben vorfinden. Ist der ganze Cylinder vollgestampft, so wird der Erdcylinder mit einem Stössel herausgedrückt, und zwar in horizontaler Lage auf eine Glasplatte herausgeschoben, worauf derselbe nach einem oder mehreren Tagen, entweder nur theilweise oder völlig getrocknet, sowohl auf seine absolute wie relative Festigkeit untersucht wird. Es ist selbstverständlich, dass man sich für eine Bodenprobe eine Mehrzahl von Erdcylindern, z. B. zehn, herstellen muss, damit man ein genaueres Mittel aus mehreren Einzelnbestimmungen ableiten kann.

Zur Bestimmung der relativen Festigkeit benützt man 8 bis 10 Centimeter lange Cylinder, welche auf Tragbalken gelegt werden, die 6 Centimeter von einander entfernt sind. Auf den Cylinder wird in geeigneter Weise eine Wagschale gehängt und mit immer schwereren Gewichten belastet, bis er bricht. Jenes Gewicht, welches zuletzt vom Cylinder, ohne dass er brach, noch getragen werden konnte, wäre der Ausdruck seiner relativen Festigkeit.

Für die Bestimmung der absoluten Festigkeit verwendet man 2 Centimeter lange Cylinder, die von oben belastet werden, bis sie zerdrückt werden. Es ist nur darauf zu achten, dass der Druck möglichst senkrecht auf die Längsaxe und nicht schief zur Wirkung kommt. Dabei kann man sich eines sehr einfachen Apparates bedienen, der gestattet, einem Brette, dem in der Mitte ein senkrecht stehender Zapfen angefügt ist, eine grössere Zahl von Gewichten aufzusetzen. Dieser Zapfen drückt auf den zu prüfenden Cylinder; damit er dies senkrecht thut, bewegt sich das Brett mittelst mehrerer Fortsätze an seinen Rändern in einer Führung der Seitenwände des Apparates.

Schübler erhielt bei der Untersuchung verschiedener Bodenarten folgende Werthe als Ausdruck für ihre Cohärescenz:

	Cohärescenz ausgedrückt nach dem Gewicht in Kilogr.	Cohärescenz der trockenen Erdprobe, wenn die des Thones = 100
Quarzsand	0	0
Kalksand	0	0
Kalkerde fein vertheilt	0·55	5·0
Gyps	0·81	7·3
Gartenerde	0·84	7·6
Humus	0·97	8·7
Ackererde vom Jura	2·44	22·0
„ von Hofwyl	3·66	33·0
Magerer Thon	6·36	57·0
Fetter Thon	7·64	68·8
Thonboden	9·25	83·3
Reiner Thon	11·10	100·0

Man sieht also schon bei den von Schübler ermittelten Zahlen, dass die Cohärescenz-Verhältnisse der verschiedenen Bodenarten unendliche Abstufungen darbieten, was natürlich nicht blos für die relative, sondern auch für die rückwirkende oder absolute Festigkeit gilt.

Auch für eine und dieselbe Bodenprobe können verschiedene Resultate erhalten werden, wenn die Erdprobe in die Glascylinder nur locker eingefüllt, eingerüttelt, schwächer oder stärker eingestampft wird; wenn der Feuchtigkeitsgrad derselben ein verschiedener oder die Erdprobe nicht gleichförmig abgemengt ist. Wenn aber derartige Fehlerquellen vermieden werden, dann lässt diese Methode der Prüfung recht übereinstimmende Resultate erzielen. So wurden beispielsweise Cylinder aus grobkrümeliger Erde (durch's Sieb 50) hergestellt und war die absolute Festigkeit bei einem Wassergehalte

von 25·9% . . . . 200— 250 Gramm
„ 19·2% . . . . 250— 280 „
„ 16·8% . . . . 480— 520 „
„ 3·1% . . . . 1100—1130 „

Dieselbe Probe, sortirt mit dem Sieb 100, also von weit feinerer Beschaffenheit, zur Anfertigung von Cylindern benützt, ergab eine absolute Festigkeit bei einem Wassergehalte

von 33·4% . . . . 450 Gramm
„ 25·8% . . . . 1150 „
„ 7·0% . . . . 1900 „
„ 4·2% . . . . 2400—2460 Gramm
„ 1·9% . . . . 4400 „

Wurde aber dieselbe Bodenprobe gestampft, wobei es gleichgiltig war, ob fein- oder grobkrümelige Erde verwendet worden ist, so war die absolute Festigkeit bei einem Wassergehalte

von 3% . . . . 12·000 Kilogramm
„ 1·9% . . . . 44·310 „
„ 0·9% . . . . 52·320 „

Töpferthon trug gestampft bei einem Wassergehalte

von 7·2% . . . . 21·94 Kilogramm
„ 2·3% . . . . 33·97 „
„ 1·8% . . . . 44·34 „

erreichte also die Festigkeit der Ackererde des Versuchsgartens, welche zu den vorstehenden Versuchen verwendet wurde.

Die relative Tragfähigkeit stellte sich bei den Cylindern aus derselben Erdprobe und demselben Töpferthone folgendermassen heraus:

Erdcylinder, nicht gestampft, nur geschüttelt 350—360 Gramm
gestampft 2400 „
Töpferthon gestampft mit 15% Wasser 115·0 „
„ 2·3% „ 1900 „
„ 0·3% „ 4400 „

Eine andere Methode zur Prüfung der Cohärescenz-Verhältnisse besteht darin, dass man Erdproben in Töpfen in bestimmter Weise einfüllt und in die eingefüllte und mehr oder weniger comprimirte Erde eine Anzahl gleich langer Stifte aus Holz oder Eisen hineinzudrücken sucht, welche in einer bestimmten Vertheilung in einer Scheibe befestigt sind. Diese Scheibe wird dann von oben belastet und das Gewicht, welches nothwendig war, um die Stifte von Holz oder Eisen von bestimmter Länge ganz in den Boden einzudrücken, würde einen ziffermässigen Ausdruck für die Cohäsionsverhältnisse des Bodens geben. Es wäre natürlich gleichgiltig, ob das Gewicht für zehn Stifte oder nur für einen angegeben würde.

Die absolute wie relative Festigkeit des Bodens kann dadurch verringert werden, dass man demselben Kalk, gepulverte Kohle, Torfpulver u. dgl. zusetzt. Ein Granitboden, dessen gestampfte Cylinder eine

absolute Festigkeit von 31·44 Kilogramm
relative „ „ 4·3 „

besassen, wurde mit 6% Kalk und 1% Kohlenpulver vermengt und nun abermals zur Herstellung von Cylindern verwendet. Es ergab sich nunmehr für den Boden mit Kalkzusatz

nur eine absolute Festigkeit von 8·9 Kilogr.
und „ relative „ „ 1·22 „
} also geschwächt um nahe 70%.

Für den Zusatz von 1% Kohlenpulver war die

absolute Festigkeit 20·03 Kilogr.
relative „ 3·37 „
} geschwächt um 32—40 %.

Der Einfluss des grösseren oder geringeren Wassergehaltes machte sich bei den Cylindern ohne Zusatz von Kohle oder Kalk in folgender Weise geltend:

Wassergehalt	Absolute Festigkeit	Relative Festigkeit
11·85%	2·68 Kilogr.	0·104 Kilogr.
5·55%	5·755 „	0·524 „
2·59%	10·263 „	0·850 „
1·24%	16·218 „	2·292 „
0·79%	21·333 „	2·932 „
0·66%	29·125 „	2·950 „

Die Adhäsion macht sich in der Art geltend, dass sich die feuchte Erde an die hölzernen und eisernen Bestandtheile der Geräthe anlegt, und zwar mit grösserer oder geringerer Kraft. Man bestimmt dieselbe, indem man die Basis einer Wagschale von bekannter Oberfläche an die feuchte Erde

andrückt und dann durch Belastung der anderen Wagschale wegzureissen sucht. Diese Adhäsion ist verschieden, je nach der Glätte der Oberfläche, deshalb für Holz grösser als für Eisen, denn je mehr Theile mit der Wagschale in Berührung kommen, um so fester bleibt diese haften. Ihre Grösse hängt ferner wesentlich vom Wassergehalt ab; je trockener die Erde ist, um so kleiner wird sie, je feuchter, um so grösser. Dies ist aber nur bis zu einer gewissen Grenze der Fall, denn wenn schliesslich die Erde zu einem Schlamme wird, nimmt sie wieder ab. Es hat ferner auch die Beschaffenheit des Bodens einen grossen Einfluss.

Für die Bodenprobe (Graniterde), deren Festigkeit vorhin angegeben wurde, betrug die Adhäsion:

	für Holz für 1 Quadrat-Decimeter	für Eisen
Für festgedrückte feuchte Erde sortirt durch Nr. 12	54 Gr.	39 Gr.
„ „ „ „ „ „ „ 50	317 „	243 „
Für festgestampfte Erde	749 „	583 „

Somit beträgt sie bei Eisen um nahezu 20 bis 30 Procent weniger als für Holz.

Die Abhängigkeit der Adhäsion vom Boden und seinem Wassergehalte erhellt aus Nachstehendem.

Für Thonboden bei 31·13% Feuchte:

bei	1	Kil. Bel. für	Eisen	126·54 Gr.
„	1	„ „ „	Holz	159·28 „
„	5	„ „ „	Eisen	492·1 „
„	5	„ „ „	Holz	525·42 „

Bei 36·17% Wasser:

bei	1	Kil. Bel. für	Eisen	306·16 Gr.
„	1	„ „ „	Holz	651·6 „
„	5	„ „ „	Eisen	801·42 „
„	5	„ „ „	Holz	955·68 „

Bei 42·73% Wasser:

bei	1	Kil. Bel. für	Eisen	703·0 Gr.
„	1	„ „ „	Holz	832·6 „
„	5	„ „ „	Eisen	984·2 „
„	5	„ „ „	Holz	1158·4 „

Bei 46·13% Wasser:

bei	1	Kil. Bel. für	Eisen	843·6 Gr.
„	1	„ „ „	Holz	1049·8 „
„	5	„ „ „	Eisen	1265·4 „
„	5	„ „ „	Holz	1773·8 „

Bei 48·79% Wasser:

bei	1	Kil. Bel. für	Eisen	632·7 Gr.
„	1	„ „ „	Holz	868·8 „
„	5	„ „ „	Eisen	959·35 „
„	5	„ „ „	Holz	1365·62 „

Bei Sand nur der vierte oder fünfte Theil, bei Moorerde nur die Hälfte oder $^1/_3$.

In der Praxis beachtet man übrigens die Adhäsion der feuchten Erde deshalb nicht, weil ihre Grösse gegenüber der Grösse der Reibung unbedeutend ist.

Wenn früher darauf hingewiesen wurde, dass gewisse Vorgänge in der Natur das Gefüge der Ackererde verdichten,

so muss hier auch darauf hingewiesen werden, dass die Natur auch der Lockerung des Bodens zu Hilfe kommt. Wenn feuchter Boden gefriert, so treibt das zu Eis gefrierende Wasser die einzelnen Bodentheilchen auseinander und versetzt ihn in einen Zustand des grösseren Volumens, in welchem er auch nach dem Aufthauen verbleibt. Diese Lockerung und Zerkrümelung ist eine um so wirksamere, als sie sich nicht nur auf die grösseren Bodenbröckchen bezieht, sondern auch die kleinsten Bodentheilchen auseinandertreibt, da sich überall im feuchten Boden, in den feinsten Spalten, Röhrchen und Poren Wasser vorfindet. Aber nicht nur die bereits getrennten Bodentheilchen werden durch die sich bildenden Eiskrystalle weiter auseinandergetrieben, auch die einzelnen Gesteinstrümmer selbst werden, wenn sie feine Ritzen und Sprünge haben, auseinandergesprengt und wirkt der Winterfrost nicht nur lockernd, sondern auch mechanisch zertrümmernd auf den Boden ein, daher eine mechanische Analyse, vor und nach dem Winter ausgeführt, in letzterem Falle einen grösseren Gehalt an feineren Theilen aufweisen müsste. Die Landwirthe benützen diese Wirkung des Winterfrostes besonders gerne für ihre gebundenen Bodenarten oder für Bodenschichten, welche noch nie an die Oberfläche kamen, indem sie selbe rauh und tief aufgepflügt den Einwirkungen des Winters überlassen. Dagegen ist die Ansicht, dass durch das Wachsthum der Wurzeln der Boden gelockert wird, irrig.

Dieselbe Volumsvergrösserung, welche beim Gefrieren des feuchten Bodens eintritt, wird oft verderblich für die Vegetation, insoferne sie das Ausfrieren mancher in den Winter kommenden Saaten bewirken kann. Dies Ausfrieren erfolgt in verschiedener Weise. In dem einen Falle derart, dass nur die oberste Bodenschicht gefriert, die untere aber, in welcher die Pflanzenwurzeln sich befinden, ungefroren ist. Durch den Frost hebt sich die oberste Bodenschicht, und dabei wird die Pflanze gleichfalls etwas aus dem Boden gehoben; wenn sich dieser Vorgang mehrmals hintereinander wiederholen sollte, was im Frühjahre oft allnächtlich durch mehrere Wochen geschieht, so wird endlich ein völliges Herausheben der Pflanzen bewirkt, wobei sie mit ihren entblössten und theilweise zerrissenen Wurzeln absterben müssen. Oder es ist in dem anderen Falle die unterste Boden-

schicht noch festgefroren, die obere aber auf 5 bis 8 Centimeter Tiefe aufgethaut. Kommt ein neuer Frost, so wird die Pflanze durch die gefrorene Decke des Bodens gleichfalls in die Höhe gehoben; weil aber die Wurzeln in den festgefrornen tieferen Schichten noch festsitzen, werden sie gedehnt und zerrissen, was, wenn dies mit der Mehrzahl der Wurzeln einer Pflanze geschehen sollte, nothwendigerweise ein Absterben derselben nach sich ziehen muss. Bei abwechselndem Aufthauen und Frieren im Frühjahre tritt dieser Schaden am verheerendsten auf und wieder am häufigsten in schneelosen Gegenden oder wenn der Boden sehr feucht ist.

Eine Lockerung sehr gebundenen Bodens kann auch durch das Brennen bewirkt werden (Brennen des Thonbodens). Indem sich das Wasser in Dampf verwandelt, werden die feinen Thontheilchen auseinander getrieben; aber auch durch Ueberführung des Eisenoxyduls in Eisenoxyd wird hiebei für eine Verbesserung des Bodens gesorgt. Dass eine Mischung sehr strengen Thonbodens mit Sand, Kalk, Humus, Torf u. dgl. die Bindigkeit desselben gleichfalls mässigt, vorausgesetzt, dass eine möglichst vollkommene Mischung der Bestandtheile vorgenommen worden ist, wurde schon berührt.

Aber auch das wiederholte Feuchtwerden und Wiedertrocknen des Bodens ausser der Frostzeit bewirkt Volumveränderungen und sind namentlich die durch das Austrocknen des Bodens bewirkten Volumveränderungen auffällig. Berücksichtigen wir einen Boden, der, in seinem natürlichen Gefüge vorliegend, seine kleinsten Theile in so enger Aneinanderlagerung enthält, als sie eben durch das in tiefere Bodenschichten abfliessende Wasser und durch ihre eigene Schwere zusammengeschwemmt und zusammengedrückt werden können. Geht ein solcher Boden aus dem feuchten in den trockenen Zustand über, so besteht die Veränderung, welche er erleidet, nicht etwa nur darin, dass das in den Capillarräumen des Bodens befindlich gewesene Wasser verdunstet, dass etwa jedes kleinste Bodentheilchen in seiner ursprünglichen Lage verbleibt und nun die früher vom Wasser erfüllten Hohlräume im Boden von Luft erfüllt sind; es machen sich vielmehr in Folge der gegenseitigen Anziehung der kleinsten Bodentheilchen auch Adhäsionskräfte geltend, welche eine dichtere Aneinanderlagerung

der Bodentheilchen bewirken. Befindet sich aber ein Boden im gelockerten Zustande, so zieht sich derselbe zwar beim Austrocknen auch zusammen, aber in kaum messbarer Weise, weil die einzelnen Krümelchen sich jedes für sich zusammenziehen, ohne ihre Nachbarn näher an sich zu reissen; die einzelnen Bröckchen und Krümelchen sind nach dem Austrocknen allerdings kleiner geworden, die Folge ist aber nur die, dass dadurch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Krümelchen grösser geworden sind, ohne dass ihr Gesammtvolumen eine merkbare Aenderung erfahren hätte.

Von Versuchen über die Volumveränderungen, welche der Boden beim Feuchtwerden und Austrocknen erfährt, sind nur wenige bekannt. Von den bemerkenswertheren sind nur zwei anzuführen, die von Schübler und Wolff.

Schübler formte aus Erden, welche mit Feuchtigkeit gesättigt waren, Würfel von gleicher Grösse, welche er mass und hierauf abtrocknen liess. Er verglich deren Volumina im feuchten und trockenen Zustande und erhielt folgende Resultate:

Erdart:	100 Cub.-Centim. vermindern ihr Volumen auf C. C.
Quarz- und Kalksand	100
Feiner Kalksand	95
Lettenartiger Thon	94
Grauer reiner Thon	81·7
Kohlensaure Magnesia	84·6
Humus	80·0
Ackererde	88·0

E. Wolff dehnte seine diesbezüglichen Untersuchungen auf sechs verschiedene Erdproben aus, welche er wie folgt bezeichnet:

1. Schwarzer, humoser, kalkhaltiger Lehmsandboden;
2. Sehr feinkörniger, sandig-lehmiger Boden;
3. Boden mit ziemlich viel thoniger Substanz;
4. Boden wie Nr. 2;
5. sehr thoniger Boden;
6. Boden wie Nr. 4 (die fünf letzteren Proben waren sämmtlich humusarm).

Er ermittelte das Verhältniss zwischen dem Volumen seiner sechs Erdarten im lufttrockenen und im gesättigt feuchten Zustande in folgender Weise: 40 bis 50 Gramm Feinerde mass

er nach ihrem Volumen im graduirten Cylinder, fügte hierauf Wasser hinzu, schüttelte tüchtig und liess das Gefäss zum Absitzen des Abgeschlemmten ruhig stehen, nachdem er die Wände desselben vorher reingespült hatte. Nach Absetzung des Schlammes wurde dessen Volumen bestimmt und zu jenem der trockenen Erde, das = 1 angenommen wurde, in's Verhältniss gebracht.

Wolff erhielt hiebei folgende Resultate:

	Volumen der trockenen Erdprobe		Volumen des nassen Bodensatzes
Nr. 1	1	:	1·433
„ 2	1	:	0·962
„ 3	1	:	1·418
„ 4	1	:	1·144
„ 5	1	:	2·139
„ 6	1	:	1·360

Nur bei einer Probe, und zwar Nr. 2 erfuhr das Volumen des Bodens im durchnässten Zustande eine Verminderung, weil sich die feinen, nicht quellbaren Theilchen im Wasser fest zusammen lagerten.

Man kann die Schwendung der Erde beim Austrocknen aber auch in der Art bestimmen, dass man die geformten feuchten Erdcylinder sowohl im feuchten wie im trockenen Zustande genau misst oder die feuchte Erde in flache Gefässe von quadratischer Grundfläche einfüllt und langsam austrocknen lässt. Nach erfolgter Austrocknung wird das Erdprisma nicht mehr genau in das Gefäss hineinpassen und kann die Schwendung in allen Dimensionen leicht gemessen werden. Versuche in dieser Art mit verschiedenen Bodenproben, deren mechanische Structur früher genau ermittelt worden war, ergaben folgende Thatsachen:

1. Die Extreme der Volumveränderungen, welche der Boden erleidet, schwanken innerhalb ziemlich weiter Grenzen, und zwar in Procenten des ursprünglichen Volumens der feuchten und festgelagerten Erde ausgedrückt, zwischen 0 und 30. Sie sind daher grösser als von Schübler angegeben worden ist.

2. Ueberhaupt sind aber solche Volumänderungen nur nachweisbar und messbar an Böden, die in festerem Gefüge liegen. Ein gekrümelter lockerer Boden lässt sie nicht wahrnehmen.

3. Den grössten Einfluss auf die Schwendung des austrocknenden Bodens üben die quellungsfähigen Substanzen

desselben, übt vor Allem der Humus aus, wie dies aus nachfolgender Zusammenstellung der Schwendung für zwölf verschiedene Bodenproben zu ersehen ist.

Bezeichnung der Bodenart:	Humusgehalt in Procenten	100 CC. vermindern ihr Vol. auf CC.	Vergleichungszahl zur Beurtheilung des Humusgeh.
Gelblicher Sand (sarmatische Stufe)	0·13	100	1
Glimmersand aus Schlesien .	0·53	100	2
Magerer feinsandiger Haferboden aus der Bukowina .	2·94	93·54	6
Granitboden aus Mähren . .	2·59	91·83	5
Eisenschüssiger Lehmboden aus der Pfalz	1·33	90·84	3
Gneissboden aus Mähren . .	2·33	90·34	4
Feinsandiger Glimmerschieferboden aus Böhmen . . .	5·25	88·61	8
Lössboden aus dem Versuchsgarten	3·55	88·20	7
Reicher Weizenboden aus Mähren	5·48	80·95	9
Kalkreicher Lehmboden aus Ungarn	10·415	77·87	10
Humusreicher Boden von der Militärgrenze	18·33	74·61	11
Moorerde aus dem Hansag .	26·58	72·61	12

Gewiss üben auch die feineren und feinsten Bodenpartikelchen einen wichtigen Einfluss auf die Schwendungsverhältnisse eines Bodens aus, desgleichen die chemische Beschaffenheit der Gemengtheile, ihre Form und Oberflächen-Beschaffenheit; Substanzen, welche, wie der Humus, ein starkes Quellungsvermögen besitzen, müssen aber hierin das meiste leisten.

Veranschaulichen wir uns nun die Veränderungen, welche der feuchte, fest zusammen gelagerte Boden ausser der Schwendung noch beim langsamen oder raschen Austrocknen erfährt, so stellt sich dieser Vorgang, der vom Auftreten mehr oder weniger zahlreicher Sprünge und Risse begleitet ist, in folgender Weise dar:

In Folge der Verdunstung, die an der Oberfläche des feuchten Bodens statthat, vermindert sich zunächst der Wassergehalt der obersten Bodenschicht; dieselbe muss sich in Folge dessen zusammenziehen. Es wird dabei ein stetiger Zug von

unten nach oben ausgeübt, der mit der zunehmenden Austrocknung des Bodens bis auf grössere Tiefen immer weiter nach abwärts rückt. Er hat zur Folge, dass sich der austrocknende, feuchte und zugleich dicht gelagerte Boden noch fester setzt und seine Oberfläche in ein tieferes Niveau verlegt.

Aber nicht blos in verticaler Richtung entstehen beim Austrocknen des Bodens Spannungen, welche ein Tieferlegen der Bodenoberfläche zur Folge haben; auch in seitlicher Richtung machen sich dieselben geltend. Würde die Cohäsionskraft der seitlichen Spannung das Gleichgewicht zu halten vermögen, dann würde es offenbar nicht zur Bildung von Rissen und Klüften kommen können, die doch thatsächlich entstehen, mag der Boden langsam oder rasch austrocknen. Der Grund der dabei auftretenden ungleichen Spannung in der Tiefe und an der Oberfläche des Bodens liegt aber ohne Zweifel in der ungleich rasch vor sich gehenden Austrocknung oder der damit zusammenhängenden Zusammenziehung. Die obersten Bodenschichten können schon vollkommen lufttrocken geworden sein, während die nächsttieferen noch beträchtliche Wassermengen enthalten. Die obersten Bodenschichten werden sich demnach in seitlicher Richtung mehr zusammenziehen wie die unteren und es müssen Risse entstehen, die in den äussersten Schichten, wo der Boden am trockensten ist, am weitesten sind, nach abwärts aber mit zunehmender Bodenfeuchte sich verengern.

Ist die Austrocknung des Bodens eine langsame, so sind die Differenzen im Wassergehalte der oberen und der tiefer gelegenen Bodenschichten keine so beträchtlichen, denn die Wasserzuleitung durch die Haarröhrchenkraft vermag den oben stattgehabten Verlust leichter zu ersetzen. So wird eine mehr gleichförmige Wasservertheilung im Boden erhalten, es wird die Spannung von unten her und nach den Seiten länger im Gleichgewichte sich befinden. Aber endlich wird dieses doch gestört; bis dahin ist aber der Boden bis zu einer beträchtlichen Tiefe abgetrocknet und es entstehen Risse, die im Verhältniss zu dieser Tiefe in grösseren Abständen von einander liegen.

Das gerade Gegentheil wird eintreten, sobald die Austrocknung des Bodens durch irgend welche äussere Einflüsse, wie trockene, heisse, stark bewegte Luft, hochgradige Erwär-

mung in Folge directer Insolation, in aussergewöhnlicher Weise beschleunigt wird. Unter solchen Umständen wird die Wasserzuleitung von unten her beiweitem nicht genügen, den oberseits stattfindenden Verlust zu decken und die Differenz des Wassergehaltes muss schon in den Bodenschichten nahegelegener Querschnitte eine sehr grosse sein; der Effect der überwiegenden seitlichen Spannung macht sich schon früher mit dem Auftreten zahlreicherer Sprünge bemerkbar, welche, entsprechend der geringeren Dicke dieser Schichten, viel näher beisammen liegen.

Beschatteter Boden, der langsam austrocknet, mit Pflanzen bewachsenes Erdreich, das vermöge der Wasseraufnahme durch die Wurzeln bis zu grösseren Tiefen gleichmässiger austrocknet, wird zwar auch durch Klüfte zerrissen, doch liegen diese in grösserer Entfernung von einander als dann, wenn der Boden bei anhaltend heissem sonnigem Wetter vom Pflanzenwuchs entblösst ist. Bei jeder Krustenbildung tritt eine solche engmaschige Zerklüftung ein; in Folge der stark überwiegenden seitlichen Spannung und Zusammenziehung können die sich zusammenziehenden Erdkrusten selbst von der noch feuchteren Unterlage abgerissen oder an den Rändern emporgehoben werden, worauf diese Krusten- oder Borkenstücke, weil sie von unten her feuchter erhalten werden, sich nicht selten mit ihren Rändern nach oben krümmen, wohl auch förmlich einrollen.

Jeder Boden, der nicht reiner Sandboden ist, wird beim Austrocknen in den oberen Schichten von Spalten durchsetzt. Ihre Breite ist das Mass der seitlichen Zusammenziehung des Bodens. Diese Spalten durchziehen den Boden immer senkrecht auf die Spannungsrichtung in verticalen Ebenen; Bodenspalten, welche zur Oberfläche parallel laufen, gibt es nicht.

Die Bildung zahlreicher Risse im Boden ist aus zwei Gründen in hohem Grade unerwünscht. Erstens wird die Oberfläche der austrocknenden Bodenschicht vergrössert und der Wasservorrath des Bodens früher erschöpft; zweitens erfolgt die Zerklüftung nicht, ohne zugleich eine mechanische Verletzung und Vertrocknung vieler zarter Würzelchen herbeizuführen. Man verhütet diese Zerklüftung in den oberen Schichten durch Lockerung und Krümelung derselben; es wird vorkommen, dass, wenn die Austrocknung bis zu den unteren

nicht gelockerten Schichten fortschreitet, diese sich zerklüften, worauf die Risse auch in den oberen gelockerten Schichten, wenn auch später, bemerklich werden. Aber eine wiederholte Lockerung wird sie wieder verschliessen.

DRITTER ABSCHNITT.

Das Verhalten des Bodens zum Wasser.

Wir verstehen unter diesem Verhalten die Fähigkeit des Bodens, eine gewisse Wassermenge aufzunehmen, in seinem Inneren zu vertheilen, zurückzuhalten, durchfliessen oder abdunsten zu lassen. Ohne Zweifel sind diese Eigenschaften des Bodens in Anbetracht des grossen Wasserbedarfes der Pflanze von hohem Werthe, daher wir uns eingehender mit denselben zu beschäftigen haben.

1. Die wasserhaltende Kraft des Bodens.

Das Vermögen des Bodens, eine gewisse Wassermenge aufzunehmen, wird als seine Wassercapacität oder seine wasserhaltende Kraft bezeichnet. Hat eine Bodenprobe so viel Wasser aufgenommen, dass jeder Ueberschuss wieder abtropfen müsste, so nennt man sie mit Wasser gesättigt. Es ist die Wassercapacität keine besondere Kraft, vielmehr ist es die Adhäsionskraft, welche das Wasser in den capillaren Hohlräumen zurückhält. Die Zahl und Grösse dieser capillaren Zwischenräume zwischen den Erdkrümeln und den einzelnen Bodenpartikelchen entscheidet darüber, wie viel Wasser in denselben zurückgehalten werden kann; unter Umständen kommt noch das Imbibitionswasser hinzu, welches von den quellbaren Theilen des Bodens in die molekularen Interstitien der eigenen Substanz aufgenommen werden kann. Imbibitionsfähig sind insbesondere die Humus-Substanzen, daher bei diesen das Imbibitionswasser die wasserhaltende Kraft wesentlich erhöht, was bei humusarmen Bodenarten in sehr geringem Masse der Fall ist.

Man kann die wasserhaltende Kraft des Bodens in verschiedener Weise bestimmen. Das früher angewendete Verfahren bestand darin, dass man einen Glastrichter mitsammt dem

durchnässten Filter wog, eine gewogene trockene Erdprobe von 30 bis 50 Gramm mit Wasser gut anrührte und ohne Verlust auf den Trichter brachte, worauf derselbe nach erfolgtem Abtropfen wieder gewogen und aus der Gewichtszunahme die Wasseraufnahme in Procenten berechnet wurde.

Da mittelst dieses Verfahrens zu hohe Resultate erhalten werden, hat E. Wolff ein anderes in Vorschlag gebracht, wobei er 17 Centimeter hohe und 3 Centimeter in der Seite messende Zinkkästchen anwendet, deren Boden mit zahlreichen feinen Löchern versehen ist. Man legt zunächst ein Stück angefeuchteter feiner Leinwand auf den Boden des Kästchens und wiegt den Apparat. Der völlig lufttrockene Boden wird nun derart in das Kästchen eingefüllt, dass man ihn in kleinen Portionen einschüttet und jedesmal durch ein gelindes Aufklopfen des Kästchens auf eine weiche Unterlage ein dichtes und gleichförmiges Zusammenlagern der Bodentheile herbeiführt. Man stellt nun das Kästchen, nachdem es gewogen ist, 3 bis 4 Millimeter tief in Wasser und lässt die Erde von unten her mit Wasser durchtränken. Ist dies geschehen, so wird das Kästchen mit der durchnässten Erde wieder gewogen, um so die Menge des gebundenen Wassers festzustellen. Aehnliche Resultate, wie bei dem Vollsaugen des Bodens von unten her, erhält man, wenn man das Zinkkästchen mit Erde anfüllt und nun Wasser von oben her aufgiesst.

Ein ähnliches und wie mir scheint noch bequemeres und auch genaueres Verfahren besteht in der Verwendung von 10 Centimeter langen, bis 2 Centimeter weiten Glasröhren, die an einem Ende mit einem Leinwandfleckchen zugebunden werden. Dieses wird benetzt und der Cylinder erst leer gewogen, dann die trockene Feinerde 8 Centimeter hoch eingefüllt und wieder gewogen, was das Gewicht der Feinerde ergibt; hierauf stellt man den Cylinder einige Millimeter hoch in's Wasser und lässt die Erde bis an die oberste Schicht sich mit Wasser vollsaugen. Ist dies geschehen, wird neuerdings gewogen, worauf der Wassergehalt in Procenten des Gewichtes der Bodenprobe berechnet werden kann.

Bei den verschiedenen Erdarten ist die Wassercapacität eine sehr verschiedene. Schon Schübler fand, dass Sandböden die geringste Wassermenge aufnehmen, wenig über 20% und

selbst darunter, welche Wassermenge dagegen bei Thonböden bis auf 60, 70, 80%, bei Humus, Torf- und Moorböden selbst bis 200% und darüber steigen kann.

Neuere Untersuchungen über eine Anzahl diverser Bodenproben sind von Liebenberg ausgeführt worden, die deshalb interessant sind, weil ihnen Angaben über den Sandgehalt der Bodenproben, über die abschwemmbaren Theile, den Humusgehalt beigegeben sind und die wasserhaltende Kraft theils berechnet, theils durch's Aufgiessen und Aufsaugen bestimmt worden ist. Ausserdem sind noch Angaben darüber gemacht, mit welcher Geschwindigkeit das Wasser durch die Bodenproben durchsickerte.

Bezeichnung der Bodenart	Sand 0·5 Millim. Durchmesser	Abschlämmbare Theile	Summe beider	Humus	Wasserfassende Kraft			Das Durchsickern erfolgte in	
					berechnet	durchs Aufgiessen	durchs Aufsaugen	Stdn.	Min.
Grober Diluvial-Sand	3·658	0·646	4·604	0·390	21·8	16·12	12 43	—	10
Mittelf. tertiärer Sand	69·876	3·190	73·066	0·100	23·6	22·0	19·81	—	12
Feiner tertiärer Sand	97·144	2·510	99·654	0·110	32·1	31·5	31·55	—	13
Feiner Diluvial-Sand	91·980	4·570	96·550	0·230	25·6	21·5	21·24	—	23
Porphyr - Verwitterungsboden	55·332	24·810	80·142	4·220	36·0	29·5	25·95	—	40
Diluvial-Lehm	45·678	29·916	75·594	1·100	33·4	27·0	23·95	—	58
Diluvial-Mergel . . .	50·136	30·838	80·974	1·210	35·4	27·45	25·85	1	4
Granitboden	14·484	62·536	77·020	5·720	56·5	45·8	39·69	1	20
Lössmergel	31·536	66·468	98·004	1·990	37·6	33·6	30·97	3	5
Lösslehm	29·046	67·688	96·734	1·597	38·0	36·5	33·23	8	20
Basaltboden	16·554	65·822	82·376	7·520	56·1	44·57	39·02	2	5
Auelehm-Krume . . .	8·642	90·164	98·806	5·480	44·8	40·12	26·17	1	5
Tertiärer Thon . . .	4·580	95·420	100·0	4·330	48·0	50·0	?	79	—
Sandmoorboden . . .	55·404	34·082	89·486	11·340	65·9	58·26	59·69	1	—

In der vorstehenden Tabelle ist die wasserhaltende Kraft in Gewichtsprocenten angegeben. Man wirft indessen dieser Darstellung vor, dass sie kein klares Bild von dem stattfindenden Verhältnisse biete. Es kommt darauf an, beurtheilen zu können, der wievielte Theil des Volumens des Bodens bei seiner Sättigung mit Wasser gefüllt ist; dies Verhältniss werde aber bei der Angabe von Gewichtsprocenten verdeckt. Bei einem specifisch schweren Boden macht das Gewicht des Wassers verhältniss-

mässig wenig aus und doch kann er möglicherweise so viel und mehr Wasser fassen als ein specifisch leichter Boden, wo eine gleiche Menge Wasser ein grösseres Gewichtsprocent ausmacht.

Wir haben gesehen, dass man nur das scheinbare specifische Gewicht der Erdprobe mit dem wirklichen specifischen Gewichte zu dividiren braucht, um das Volumen der Bodenpartikelchen zu erhalten; dieses auf 1 ergänzt, gibt das Volumen aller luftführenden Räume, welche natürlich das gleiche Volumen Wasser aufnehmen.

Wenn das wasserhaltende Vermögen des Bodens trotzdem noch immer nicht in Volumprocenten desselben ausgedrückt wird, so trägt hieran der Umstand Schuld, dass für ein und dieselbe Bodenprobe die capillaren Hohlräume je nach der Feinheit der Theilchen, je nach der festeren oder lockeren Füllung sehr verschieden sein können, dass man bei der Bestimmung des Wassergehaltes eben immer eine Gewichtsprobe des Bodens untersucht, was sehr genau geschehen kann, während es schwer wäre, ein bestimmtes Volumen desselben zur Untersuchung zu verwenden. Bei den Gewichtsprocenten wird auch das Imbibitionswasser mitberücksichtigt, was bei Angabe der Volumprocente nicht der Fall ist; deshalb ist die letztere Methode auch gar nicht allgemein anwendbar. Am besten würden beide Bestimmungen neben einander hergehen, die sich dann in einem gewissen Sinne zu ergänzen hätten.

Auch bei der Bestimmung der wasserhaltenden Kraft der Böden in Gewichtsprocenten können sehr verschiedene Resultate erzielt werden, je nachdem:

1. Die Probe in feinerem oder gröberem Zustande zur Bestimmung verwendet wird. Z. B.:

Sortirung der Erdprobe	Menge des zurückgehaltenen Wassers
durch das Sieb Nr. 12	51·4%
„ „ „ „ 24	57·6%
„ „ „ „ 42	59·7%
„ „ „ „ 72	55·6%
„ „ „ „ 100	54·3%

2. Je nachdem die Einfüllung locker oder fest erfolgt:

locker eingefüllt . . .	49 %	bei gleichem Feinheitsgrad.
eingerüttelt	35·8%	
eingestampft	27·9%	

3. Je nach der Temperatur:

bei 20° Celsius . . . . . 52·6%
„ 32° „ . . . . . 51·8%
„ 50° „ . . . . . 47·7%
„ 100° „ . . . . . 46·2%

4. Die Höhe der Bodensäule hat dagegen keinen merkbaren Einfluss:

bei 4 Centimeter Höhe in 2 Minuten 48·5%
„ 8 „ „ „ 12 „ 48·2%
„ 12 „ „ „ 28·5 „ 48·3%

5. Auch die Dauer der Aufsaugung übt keinen Einfluss; liess man

durch 4 Minuten die Probe vollsaugen so ward aufgenommen 49 %
„ 9 „ „ „ „ „ „ „ 48·8%
„ 14 „ „ „ „ „ „ „ 48·6%

6. Wird in das Zinkkästchen oder die Glasröhren das Wasser von oben eingegossen, so hält die Erde mehr Wasser zurück, weil sich auch grössere Hohlräume mit Wasser anfüllen, während beim Saugen von untenher nur die Capillarröhren sich füllen können.

7. Im Allgemeinen hängt die wasserhaltende Kraft von der Menge der Feinerde ab, wächst aber nicht in demselben Verhältnisse.

8. Je grösser der Humusgehalt, um so grösser die Sättigungs-Capacität.

9. Thon fördert die wasserfassende Kraft mehr als der feinste Sandstaub.

10. Rauhe und eckige Körner wirken günstiger als glatte und runde.

11. Die chemische Eigenschaft der Bodengemengtheile scheint keinen Einfluss zu haben.

Noch ist schliesslich zu bemerken, dass die Wassercapacität eines Gemisches mehrerer Stoffe dann fast gleich der Summe der Wassercapacität der einzelnen Bestandtheile ist, wenn man es mit Substanzen von möglichst gleicher Korngrösse zu thun hat; dass aber dann, wenn erheblichere Differenzen bezüglich der Korngrösse der einzelnen Bodenarten vorhanden sind, die berechnete Wassercapacität der Gemische sich grösser herausstellt als dies in der Wirklichkeit der Fall ist. Man kann dies durch den Umstand erklären, dass sich die feineren Bodentheile leicht

zwischen die grösseren einlagern und dadurch die luftführenden Räume vermindern, was natürlich eine Depression der Wasser-Capacität zur Folge haben muss.

2. Die Wasserleitung im Boden.

Bei der Vertheilung des Wassers im Boden spielt die capillare Leitung wohl die hauptsächlichste Rolle, andererseits ist aber auch der hydrostatische Druck nicht ausgeschlossen.

Wenn ein sanfter Regen auf den Boden fällt, so dringt das Regenwasser blos vermöge der Haarröhrchenkraft in die oberste Bodenschicht; regnet es aber sehr heftig, so dass sich auf den Feldern das Wasser in Pfützen und Lachen ansammelt, dann macht sich auch der hydrostatische Druck geltend.

Von der oberen Grenze des Grundwasserspiegels erhebt sich das Wasser, wenn der Stand des Grundwassers ein unveränderter ist, nur vermöge der capillaren Leitung; wenn aber das Grundwasser selbst im Steigen begriffen ist, dann äussert sich auch der hydrostatische Druck desselben.

Wenn in der Umgebung der Wurzeln der Wassergehalt sich vermindert, wird aus der Nachbarschaft durch die capillare Leitung Wasser zugeführt. Wenn ein Graben mit Wasser halb gefüllt ist, zieht sich dasselbe an dem Grabenrand vermöge der Haarröhrchenkraft hinauf; so weit aber der Spiegel reicht, wirkt der hydrostatische Druck seitlich und das Wasser wird in den Boden hineingepresst. Das Wasser, welches in die Drainröhren eintritt, bewegt sich im Boden vermöge des hydrostatischen Druckes abwärts; es kann aus dem Boden in die Röhren nur dann übertreten, wenn er mit Wasser übersättigt ist.

So ist das Wasser im Boden in fortwährender Bewegung; doch muss dabei festgehalten werden, dass diese Bewegung eine sehr langsame ist. Rascher verbreitet es sich übrigens durch den hydrostatischen Druck als durch die capillare Leitung; doch auch die erstere Bewegung ist eine ausserordentlich verlangsamte; es kann tagelang dauern, bevor z. B. eine meterhohe Bodenschicht von dem darüber gegossenen Wasser bis zu unterst durchfeuchtet wird.

Eine noch langsamere ist die capillare Leitung, welche in vielen Fällen fast ganz allein in Betracht kommt. Es hängt von der Weite der Haarröhrchen ab, ob die Flüssigkeit in denselben

langsamer oder rascher, mehr oder weniger hoch aufsteigt. In einer 1 Millimeter weiten Glasröhre steigt das Wasser 30 Millimeter hoch.

Weil nun die Höhe (H) der Wassersäule und der Durchmesser (D) der Röhre im umgekehrten Verhältnisse stehen, so wird, wenn

D = 0·5 Millimeter H = 60 Millimeter
D = 0·1 „ H = 300 „
D = 0·01 „ H = 3000 „

betragen.

In jedem Boden wird das Wasser durch Capillarität bis zu einer gewissen Höhe gehoben; die anfangs raschere Bewegung verlangsamt sich immer mehr, je höher das Wasser aufgestiegen ist. Während anfangs beträchtliche Mengen innerhalb eines Tages einen bestimmten Querschnitt des Erdcylinders durchdringen, passiren später nur mehr minimale Mengen und schliesslich wird an den höchsten Punkt, bis wohin das Wasser gehoben worden ist, nur so viel Wasser nachgeschafft, als an dieser Stelle im Boden verdunstet, wodurch eben der Wasserstand stationär geworden ist. Dabei wird aber die Grenze, bis wohin das Wasser aufgestiegen ist, immer undeutlicher, weil nach oben die Wassermenge in der Röhre sehr bedeutend abgenommen hat und ein allmäliger Uebergang bis zu Null stattfindet.

Steighöhe des Wassers in Millimetern:

Zeit	Feiner tertiärer Sand	Lehmmergel	Basalt	Granit	Lehm	Sandmoor	Thon
Nach $^1/_2$ Stunde . .	215	140	95	70	200	110	3
„ $4^1/_2$ Stunden . .	300	230	130	105	250	165	6
„ 1 Tag	440	450	310	260	385	310	35
„ 2 Tagen . . .	460	510	350	320	430	350	50
„ 4 „ . . .	480	570	390	370	480	400	70
„ 8 „	510	620	455	450	528	440	110
„ 16 „	565	690	544	543	580	475	180
„ 32 „	610	755	655	655	648	508	265

Eine und dieselbe Erdprobe, in verschiedene Nummern sortirt, lässt in den feineren Nummern das Wasser rascher aufsteigen; so bei folgendem Versuch:

	Grobe Erde Nr. 12	Mittelfeine Erde Nr. 32	Feine Erde Nr. 60
Nach 0·25 Stunden	44 Millim.	68 Millim.	88 Millim.
„ 0·5 „	50 „	77 „	118 „
„ 1·0 „	66 „	86 „	158 „
„ 2·0 „	76 „	97 „	205 „
„ 4·0 „	90 „	111 „	266 „
„ 8·0 „	125 „	144 „	403 „
„ 1 Tag	141 „	159 „	456 „
„ 2 Tagen	157 „	177 „	508 „
„ 6 „	172 „	190 „	550 „
„ 12 „	188 „	207 „	593 „
„ 24 „	217 „	240 „	639 „
„ 84 „	272 „	318 „	792 „
„ 143 „	310 „	365 „	895 „
„ 203 „	325 „	387 „	940 „

Auch die Festigkeit der Lagerung des Bodens hat einen Einfluss auf die capillare Leitung, d. h. in einem festgestampften Boden erhebt sich das Wasser höher als in einem lockeren.

Untersucht man die in den Röhren eingefüllt gewesene Erde, welche, an einem Ende in Wasser stehend, capillar durchfeuchtet, worden ist, in verschiedenen Abschnitten, so erscheint ihr Wassergehalt um so geringer, je höher aus der Röhre die Probe entnommen wurde. So hat der Sandmoorboden in der Höhe

von 593	Millimeter	nur 4·15% Wasser
„ 508	„	13·61% „
„ 350	„	31·77% „
„ 110	„	37·09% „

Die Schnelligkeit der capillaren Leitung des Wassers in Glasröhren, welche mit Erde gefüllt sind, ist auch abhängig von der Weite der Glasröhren; in weiten Röhren steigt es etwas schneller als in engen. Man könnte daraus den Schluss ziehen, dass im Boden unter den natürlichen Verhältnissen die capillare Leitung eine energischere ist. Sobald sich in der Erde Querrisse bilden, wird die Leitung unterbrochen, was namentlich bei Versuchen mit feinen Erdproben zu grossen Fehlerquellen Anlass gibt.

Je trockener der Boden ist, um so langsamer wird in demselben das Wasser sich aufwärts bewegen, weil einmal zwischen

den trockenen Erdtheilchen mehr Luft eingeschlossen ist, zu deren Verdrängung eine grössere Kraft nothwendig wird, und weil sich auch die ganz trockenen Bodenpartikelchen schwerer befeuchten als solche, an deren Oberfläche bereits eine dünne Wasserhülle sich befindet. Deshalb wird ein staubtrockener Boden so schwer vom Wasser durchtränkt und fliesst von demselben das Wasser ab, als wäre die Oberfläche eingefettet.

Wenn man bedenkt, dass bei dem Versuche mit der Feinerde Nr. 60 durch Capillarität vom 143. bis zum 203. Tage, also durch fast zwei Monate, nur so viel Wasser über die 895 Millimeter der Erdsäule in der 4 Centimeter weiten Röhre gehoben werden konnte, dass die Erdsäule auf weitere 45 Millimeter durchfeuchtet wurde, was ungefähr einer Wasserhebung von nur 0·4 Gramm Wasser pro Tag durch einen 12·56 Quadrat-Centimeter grossen Querschnitt in einer 895 Millimeter hoch über dem Wasserspiegel befindlichen Erdsäule gleichkommt, so wird man gerne zugeben, wie wenig die capillare Wasserhebung im Boden für die Versorgung der Pflanzenwurzeln in Betracht kommt, sobald es sich um grössere Entfernungen vom Grundwasser handelt. Dabei wird natürlich vorausgesetzt, dass das Verbreitungsgebiet der Pflanzenwurzeln noch um ein Beträchtliches über dem Spiegel des Grundwassers liege, und dass es den Wurzeln nicht ermöglicht sei, bis zu jenen Schichten hinabzuwachsen, innerhalb welcher die capillare Wasserleitung rascher vor sich geht. Desgleichen wird begreiflich erscheinen, dass von Gräben, welche mit Wasser gefüllt sind, das Wasser seitlich von den Grabenwänden nur langsam in den Boden hineinfiltrirt und dass auf grössere Entfernungen die Wirkung der capillaren seitlichen Bewegung gar nicht merkbar werden kann.

Für die Praxis des Pflanzenbaues ist die capillare Wasserleitung im Boden von grosser Bedeutung und sieht man nach dem Vorausgegangenen leicht ein, dass der Landwirth durch verschiedene Massregeln dieselbe in den oberen Bodenschichten nach Bedarf bald verlangsamen, bald beschleunigen kann. Eine Lockerung des Bodens, wie solche beim Behacken erfolgt, wird zwar anfangs, wenn ein feuchter Boden gelockert worden ist, die Verdunstung wegen der grösseren Oberfläche, die gebildet wurde, steigern, und zwar auch deshalb, weil feuchte Erde an

die Oberfläche geschafft worden ist. Allein diese stärkere Verdunstung gilt nur für die ersten Tage; da die capillare Leitung durch die Lockerung theilweise unterbrochen worden ist, sinkt in den nächsten Tagen die Verdunstung beträchtlich und bleibt der unter der gelockerten Schicht befindliche Boden feuchter, weil er ja durch verminderte Leitung weniger an die oberste Schicht abgibt. Wird dagegen die oberste Bodenschicht comprimirt, z. B. durch das Walzen, so wird die capillare Leitung erhöht und der Boden trocknet rascher aus. Wenn Samen angebaut werden und ein Festwalzen erfolgt, so wird daher die Erde nicht nur an die Samen besser angedrückt, sondern die festgewalzte obere Schicht erhält sich besser feucht wegen der Zuleitung von unten her und die Samen sind, was die Wasseraufnahme betrifft, unter günstigeren Keimungsbedingungen.

Was die Vertheilung des Wassers von oben nach unten anbelangt, so ist ein Durchfliessen an irgend einem Querschnitt in grösserer Tiefe nur bei einem Boden möglich, der mit Wasser übersättigt ist, wo sich also ein hydrostatischer Druck geltend zu machen vermag. Bewegt es sich nach abwärts nur vermöge der capillaren Leitung, so kann es in Tropfenform nicht austreten und weder in einen durchlassenden Untergrund noch in die Drainröhren eintreten; es wird vielmehr gerade wie in den Röhren, die mit Erde gefüllt und mit ihrer Basis in's Wasser versenkt sind, nur in entgegengesetzter Richtung, d. i. von oben nach abwärts, an Menge abnehmen.

Für fliessendes und unter dem Druck der Schwere nach unten sickerndes Wasser ist, damit es durch eine Schicht von bestimmter Mächtigkeit binnen einer bestimmten Zeit abfliessen kann, die mechanische Structur, die Lockerheit oder Festigkeit des Bodens, ferner die Grösse des hydrostatischen Druckes massgebend. Durchlässig in hohem Grade ist grober Sand, undurchlässig ist der strenge Thonboden. Die Methode zur Bestimmung des Grades der Durchlässigkeit, welche bisher angewendet worden ist, ist eine ziemlich unvollkommene. Man benützte Zinkgefässe von beliebiger Weite und Höhe, welche unterseits einen trichterförmigen Ansatz besitzen. Dieser wird mit einem Leinwandfleckchen zugebunden und ein Kautschukrohr angesetzt. Die Erdschicht wird 16 Centimeter hoch ein-

gefüllt. Die Wasserschicht darüber misst 8 Centimeter. Ist die Erde soweit vollgesogen, dass sie eben gesättigt ist und kein Wasser mehr abtropft, so wird neuerdings eine Wassermenge von 50 Cubikcentimeter aufgefüllt und die Zeit notirt, innerhalb welcher dieselbe durchsickert. Weil bei so niedrigem Drucke manche Böden das Wasser nur nach Wochen durchsickern lassen und während dieser Zeit die stattfindende Verdunstung zu grossen Fehlern Anlass geben muss, ist es besser, wenn ein gleichweites Glasrohr am unteren Ende die Erdschicht aufnimmt und eine Wassersäule von 50 Centimeter Höhe darübergegossen wird, nachdem die Bodenprobe gehörig durchfeuchtet worden ist. Um vergleichbare Resultate zu erhalten, müsste natürlich das Glasrohr eine bestimmte Weite haben und müsste der Boden im feuchten Zustande eingestampft werden, was leicht in ganz gleichförmiger Weise geschehen kann.

Bezüglich der Durchlässigkeit der Böden ist zu bemerken, dass die extremen Verhältnisse durchaus unerwünscht sind. Die wenig durchlassenden Thonböden sind für die Vegetation in feuchter Lage und feuchtem Klima ebenso nachtheilig wie die sehr durchlassenden Böden in regenarmen Gegenden. Leidet der Untergrund an Undurchlässigkeit, so pflegt man zur Abhilfe die Drainirung eines solchen Bodens in Anwendung zu bringen, welche, wie wir erwähnt haben, nur jenen Ueberschuss an Wasser ableiten kann, der über dem Sättigungspunkt liegt. An vielen Orten würde durch Drainröhren gar kein überschüssiges Wasser abfliessen; dagegen sickerten nach Dickinson's Beobachtungen, die durch acht Jahre fortgesetzt worden sind, auf drainirten Feldern von der jährlichen Regenmenge bis über 40 Procent in die Drainröhren.

3. Die wasseranhaltende Kraft des Bodens.

Der Boden hat die Eigenschaft, mehr oder weniger schnell auszutrocknen, welche Eigenschaft als wasseranhaltende Kraft bezeichnet wird. Schübler führte derartige Versuche aus, wobei er eine gewogene Bodenprobe völlig mit Wasser sättigte, sie dann wieder wog und auf einer runden, mit einem erhöhten Rand versehenen Metallplatte ausbreitete, um nach einer bestimmten Zeit den Wasserverlust zu ermitteln.

Schübler fand hiebei folgende Werthe:

	Von 100 Theilchen absorbirten Wassers verdunsten in 4 Stunden bei 15° R.
Quarzsand	88·4
Kalksand	75·9
Gyps	71·7
Lettenartiger Thon	52·0
Lehmartiger Thon	45·7
Reiner grauer Thon	31·9
Humus	20·5
Gartenerde	24·0

Bei diesen Versuchen waren die Verhältnisse sehr einfach, weil die Proben in einer sehr dünnen Schicht ausgebreitet waren. In der Natur compliciren sich aber die Verhältnisse sehr, je nach der capillaren Leitungsfähigkeit des Bodens, je nach dem Grade der Feuchtigkeit, nach seiner Erwärmungsfähigkeit u. s. w. Es kommt dazu, dass es von grosser Wichtigkeit ist, ob der Boden nur oberflächlich durchfeuchtet ist oder ob sein Wassergehalt bis in grössere Tiefen sich erstreckt; doch braucht hier darauf nur in Kürze hingedeutet zu werden, weil ja schon früher, wo von der Ausgiebigkeit der Niederschläge für das Wachsthum der Pflanzen die Rede war, hiehergehöriger Versuche gedacht worden ist, welche den Beweis erbrachten, wie ausserordentlich lange sich die Bodenfeuchte in grösseren Tiefen erhält und wie solche hauptsächlich nur durch die Pflanzenwurzeln heraufgeholt wird.

Der wievielte Theil der jährlichen Niederschlagsmenge durch den Boden verdunstet, ausschliesslich des Verbrauchs durch die Vegetation, ist bisher für die verschiedenen Bodenarten unter verschiedenen klimatischen Verhältnissen noch nicht ermittelt worden. Und doch hätte es ein grosses Interesse, dies durch fortgesetzte Beobachtungen zu constatiren, wobei sich herausstellen würde, ob durch die jährliche Verdunstung, die vom Boden allein ausgeht, wohl der gesammte Vorrath an Wasser den Sommer über in Verlust geräth, oder ob davon, und welche Mengen noch dem Boden als Vorrath verbleiben, wenn er nicht von Pflanzen bedeckt ist.

4. Das Grundwasser.

Das Grundwasser kommt nur da vor, wo auf einer undurchlässigen lehmigen, thonigen oder felsigen Unterlage

ein poröser Boden aufliegt. Der poröse Boden ist in seiner unteren Partie mit Wasser durchdrungen, welches unmittelbar durch den Regen und durch Zufluss von höheren Stellen der Gegend gespeist wird. Das Grundwasser bildet somit einen unterirdischen See oder eher einen Strom, welcher wegen der Strömungswiderstände sehr langsam fliesst und deswegen sich überhaupt mehr wie eine zähflüssige, in Bewegung befindliche Masse verhält als wie Wasser. Es steht in geringen Entfernungen oft sehr ungleich hoch und kann bei sehr dichter Beschaffenheit des Bodens ziemlich steile, fast wasserfallähnliche Gefälle zeigen. Es fliesst immer von den höchsten nach den niedrigsten Punkten seiner Oberfläche. Der ungleiche Stand wird von dem ungleichen Zugang in verschiedenen Jahren und Jahreszeiten, die reich oder arm an Regen oder Schnee sind, bedingt. Reichliche Niederschläge bewirken dort, wohin das Grundwasser von weither kommt und sehr langsam sich bewegt, oft erst lange Zeit nachher ein entsprechendes Steigen. Wenn es sich um irgend eine Veränderung im Stande des Grundwassers handelt, so ist zunächst die Frage zu beantworten, woher dasselbe kommt und wohin es geht. Es kann entweder blos von den Niederschlägen herrühren, welche auf die Gegend selbst fallen oder es kann aus grösserer oder geringerer Entfernung herfliessen und von den Niederschlägen einer sehr entfernten Gegend gespeist werden. Es kann nach tieferen Stellen weiterfliessen oder an der nämlichen Fläche durch Verdunstung sich wieder verlieren. Wird das Grundwasser durch Zufluss von der Ferne her gespeist, so kann es nur vermindert, d. h. tiefer gelegt werden, wenn es oberhalb durch einen Canal bis auf die undurchlässige Schicht abgefangen und abgeleitet wird. Der Untergrund enthält dann nur einen Theil der Niederschläge seiner eigenen Oberfläche. Handelt es sich aber auch um die Tieferlegung des Grundwasserspiegels, der von den localen Niederschlägen gespeist und erhöht wird, so muss eben für eine Tieferlegung des Abflusses, für eine Vorfluth gesorgt werden, in welche die Drainröhren das Wasser abführen.

5. Die Bodenfeuchtigkeit und das Planzenwachsthum.

Wenn schliesslich die Frage erhoben wird, welcher Feuchtigkeitszustand des Bodens dem Bedürfnisse der

Pflanzen am meisten zusagt, so kann dieselbe nicht mit einer bestimmten Zahlenangabe beantwortet werden. Gewiss ist, dass ein vollständig mit Wasser gesättigter Boden ungünstig einwirkt: weil er die Luft abschliesst, das Athmen der Wurzeln erschwert; weil in solchem die Zersetzung des Humus sehr verlangsamt wird und schädliche Humussäuren sich bilden; weil die Verbindungen des Eisenoxyduls keine höhere Oxydation erfahren können u. s. w. Ebenso weiss man, dass ein dürrer und trockener Boden die Vegetation nicht zu unterhalten vermag. Die praktischen Landwirthe nennen einen Boden

dürr, wenn er zerreiblich, staubend und licht in der Farbe, nicht über 1% Feuchte enthält;

trocken, wenn er zwar nicht mehr staubt, aber auch noch nicht dunkel wird, über 1% Feuchte, aber unter 10 bis 15% Feuchte besitzt;

frisch, wenn er beim Drücken mit der Hand Spuren von Feuchte zurücklässt und über 8%, aber unter 20 bis 30% Wasser enthält;

feucht, wenn er beim Zusammendrücken mit der Hand das Wasser tropfenweise entlässt, wobei er 30 bis 50% Wasser enthalten mag;

endlich nass, wenn er das Wasser auch ohne Druck ausfliessen lässt.

In diesem Sinne würden die Grade frisch und feucht, namentlich aber der erstere als der günstigste angenommen werden können. Doch sind diese Verhältnisse, da sie ja nur vorübergehend aufzutreten pflegen, noch nicht hinlänglich erforscht; auch kann es nicht zweifelhaft sein, dass sich hiebei nicht alle Pflanzen und alle Bodenarten gleich verhalten.

Hier muss einiger interessanter Versuche von Professor Heinrich gedacht werden, aus welchen hervorgeht, dass die Fähigkeit der Pflanzen, dem Boden Wasser zu entziehen, eine sehr grosse ist. Er zog verschiedene Pflanzen in Töpfen auf und liess ihre Entwicklung bis zu einem bestimmten Stadium fortschreiten (vor der Blüthe); dann unterliess er die Wasserzufuhr und ermittelte den Wassergehalt des im Topfe befindlichen Bodens. Das Feuchtigkeits-Minimum des Bodens, das dem Welken voranging, war in Procenten des Bodengewichtes:

	für Kalkboden Hygroskopicität 5·2%	für Torfboden Hygroskopicität 42·9%
Hafer	9·17	49·7
Gerste	11·09	47·7
Roggen	10·56	53·4
Mais	8·59	—
Zuckererbse	9·61	—
Rothklee	11·46	52·2
Luzerne	9·77	51·8
Esparsette	11·01	54·6
Feuerbohne	12·41	—
Pferdebohne	12·74	—
Kartoffel	5·34	70·8

Bei Kalkboden war das Minimum der Bodenfeuchte

im Durchschnitt für Halmgewächse . . . . . 9·85

„ „ „ Leguminosen . . . . . 10·95

Bei Torfboden

im Durchschnitt für Halmgewächse . . . . . 50·79

„ „ „ Leguminosen . . . . . 52·87

Es ist sonach das Minimum der Bodenfeuchte für die verschiedenen Culturpflanzen nicht wesentlich verschieden, wohl aber bei den verschiedenen Bodenarten, und steigt mit der Zunahme der Hygroskopicität, wie dies nachstehende Versuche mit Hafer und Mais nachweisen.

	100 Gew.-Theil. trockenen Bodens absorb. höchstens Theile Wasser	Die Pflanzen welkten, als 100 Gew.-Th. Boden Wasser noch enthielten
1. Grobkörniger Sandboden	1·15	1·5
2. Sandige Gartenerde	3·00	4·6
3. Feinkörniger humoser Boden	3·98	6·2
4. Sandiger Lehm	5·74	7·8
5. Kalkboden	5·2	9·8
6. Torfboden	42·3	49·7

Interessant ist ferner der Nachweis, dass auch keine grosse Verschiedenheit in den Ansprüchen an die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens seitens der Pflanzen trockener Standorte und des Sumpflandes stattfindet.

So betrug in Gartenerde das Feuchtigkeits-Minimum

für *Poterium sanguisorba* . . . . 6·6%

„ *Alisma plantago* . . . . . 6·1%

VIERTER ABSCHNITT.

Das Verhalten des Bodens zum Licht und zur Wärme.

Das Verhalten der verschiedenen Böden zum Licht tritt unmittelbar durch ihre Farbe hervor. Ein lichter Boden reflectirt die Mehrzahl der auf ihn fallenden Sonnenstrahlen und erscheint eben deshalb licht, ein dunkler Boden absorbirt sie zumeist und erscheint deshalb dunkel. Die Böden zeigen sehr verschiedene Farben. Die ausgesprochenen Kreideböden sind weiss, die Humusböden schwarz, wie man ja zur Charakterisirung gewisser humusreicher Böden Südrusslands den Ausdruck „Schwarzerden", „Cernozem" ganz gewöhnlich gebraucht. Die meisten Böden besitzen indessen eine röthliche, gelbliche oder bräunliche Farbe.

Wichtiger als das Verhalten des Bodens zum Lichte sind seine Beziehungen zur Wärme. Hier begegnen wir weit complicirteren Erscheinungen, die ausführlicher besprochen werden müssen.

Als Wärmequelle für den Boden kommt eigentlich nur die Sonnenwärme in Betracht, denn die innere Erdwärme macht sich bekanntlich erst in grösseren Tiefen bemerkbar und hat auf die Erwärmung der obersten Schicht der Erdrinde nicht den geringsten Einfluss. Ebensowenig kommt die Wärmemenge in Betracht, welche in Folge chemischer und physikalischer Processe im Boden frei wird. Wenn Gase sich verdichten oder in Flüssigkeiten übergehen, wenn z. B. Thaubildung im Boden eintritt, muss eine geringe Wärmemenge im Boden frei werden. Durch Ueberrieselung eines Bodens mit wärmerem oder kälterem Wasser kann dessen Wärme geändert werden; eine geringe Wärmezunahme wird stattfinden, wenn in Folge der Bearbeitung mit den Bodengeräthschaften bei der Reibung Bewegung in Wärme umgesetzt wird.

Von chemischen Processen, bei denen Wärme im Boden frei wird, ist insbesondere der Verbrennungsprocess der organischen Substanzen des Düngers und des Humus namhaft zu machen. Es lässt sich aber leicht berechnen, dass auch diese Wärmequelle sich fast gar nicht bemerkbar machen kann, weil sie in einem grossen Volumen und durch einen langen Zeitraum zur Wirkung gelangt. Nehmen wir an, dass die Boden-

schicht, die in Betracht kommt, 0·5 Meter tief wäre, so würde bei einem Humusgehalte von 5 Procent der Gewichtsantheil an Humus für einen halben Cubikmeter 65 Kilogramm betragen. Nehmen wir den Kohlenstoffgehalt des Humus zu 50 Procent an, setzen wir ferner den Fall, dass von der Gesammt-Humusmenge jährlich etwa ein $8^1/_3$ verbrennt, so wären dies an Kohlenstoff 3·9 Kilogramm pro 0·5 Cubikmeter. Wenn 1 Gramm Kohlenstoff 7678 Wärme-Einheiten liefert, so würden die 3·9 Kilogramm 3900×7678 nahezu 30 Millionen Wärme-Einheiten liefern. Diese würden sich vertheilen, wenn 180 Vegetationstage gerechnet werden, auf 90 Millionen Cubikcentimeter Erde für einen Tag, daher auf den Cubikcentimeter innerhalb 24 Stunden nur $^1/_3$ einer Wärme-Einheit käme, d. h. eine Wärmesumme, welche nur ausreichen würde, 1 Gramm Wasser um $^1/_3{}^0$ Celsius zu erwärmen.

Sonach ist für die Erwärmung des Bodens nur die Sonnenwärme entscheidend, wobei entweder die directe Insolation betheiligt ist oder die Leitung der Wärme durch die Luft erfolgt.

1. Einfluss der Farbe des Bodens auf seine Erwärmung.

Bei directer Insolation hat auf die grössere oder geringere Erwärmung die Färbung des Bodens einen unzweifelhaften Einfluss, welcher indessen höher geschätzt worden ist, als er es in Wirklichkeit ist.

In Belgien und am Rhein sucht man die Trauben dadurch zur früheren Reife zu bringen, dass man den Boden mit schwarzem Thonschiefer bedeckt. De Saussure berichtet, dass die Bewohner Chamounix's auf ihre mit Schnee bedeckten Felder im Frühjahre Schieferstaub ausstreuen, um denselben rascher zum Schmelzen zu bringen.

Die ersten Versuche über den Einfluss der Färbung auf die Erwärmung durch Insolation machte Schübler. Er brachte verschiedene Erdarten in je zwei Kästen und färbte die 4 Quadratzoll haltende Oberfläche einerseits mit kohlensaurer Magnesia weiss, andererseits mit Kienruss schwarz. Er erhielt Unterschiede, welche zu Gunsten des schwarzgefärbten Bodens 6 bis 8^0 betrugen, und welche erkennen lassen, dass bei gleicher Farbe der Ober-

fläche das eigenthümliche Verhalten der verschiedenen Bodenarten gegenüber der Insolation fast vollständig verdeckt wird. Damit in Uebereinstimmung war die Beobachtung, dass die verschiedenen nicht künstlich gefärbten Bodenarten, welche er der Besonnung aussetzte, eine wenig abweichende Temperatur zeigten, wenn sie auch die höhere Erwärmungsfähigkeit der dunklen Bodenarten gegenüber den lichten deutlich erkennen liessen. Die weisse Kalkerde erwärmte sich auf nur 43° Celsius, der schwarzgraue Humus bis auf 47·37° Celsius.

Gasparin unternahm ähnliche Versuche, wobei er die Oberfläche der Böden mit Russ und Magnesia färbte. Er erhielt dabei für die humose Erde die niedrigste Differenz mit 6·88° Celsius, die höchste für Kalksand mit 7·87° Celsius.

Auch Wollny führte derartige Versuche aus, wobei er drei verschiedene Bodenarten verwendete und diese in Zinkkästen einfüllte, welche quadratisch 20 bis 50 Centimeter Seitenlänge hatten und eine 20 bis 30 Centimeter hohe Bodenschicht aufnahmen. Die Oberflächen wurden schwarz mit Frankfurter Schwarz und mit einem äusserst fein gepulverten Quarz weiss gefärbt. Die Thermometer wurden 10 bis 22 Centimeter tief eingesenkt und die Zinkkästen selbst, um die Wärmeleitung von der Seite abzuhalten, in Sägespäne versenkt. Die Temperatur-Beobachtungen wurden durch eine Mehrzahl von Tagen im Juni und August ausgeführt und von zwei zu zwei Stunden zwölfmal des Tages vorgenommen. Es kam also nicht blos die Erwärmung während der Besonnung allein, sondern die Gesammtwärme in Betracht.

Die Resultate waren folgende:

1. Während der wärmeren Jahreszeit ist der lufttrockene Boden bei dunkel gefärbter Oberfläche durchschnittlich wärmer als bei hell gefärbter.

2. Die täglichen Temperaturschwankungen sind bei dunkler Färbung grösser als bei heller.

3. Zur Zeit des täglichen Maximums der Bodentemperatur ist der Unterschied zwischen dem dunkel und dem hell gefärbten Boden am grössten, zur Zeit des täglichen Temperatur-Minimums sehr gering.

4. Daher erfolgt die Wärme-Abnahme während der Nacht aus dem dunkel gefärbten Boden absolut rascher als aus dem

hell gefärbten, ohne dass die Temperatur in ersterem tiefer sinkt als in letzterem.

5. Die Temperaturschwankungen werden mit zunehmender Tiefe geringer und verschwinden fast vollständig bei aufgehobener Insolation und während der kälteren Jahreszeit.

Die mittleren Differenzen für die Wollny'schen Beobachtungen von 6 Uhr Morgens bis 6 Uhr Abends betrugen

für den Sand . .	2·58°	Celsius
„ „ Thon . . .	1·73°	„
„ „ Torf . . .	0·95°	„

sind also beträchtlich niedriger als die Schübler'schen Angaben, da dieser die Temperatur nur bei directer Insolation und in ganz geringer Tiefe von nur einigen Centimetern bestimmte. Es ist dies Ergebniss leicht dadurch zu erklären, dass sowohl die leuchtenden wie die Wärmestrahlen von den Körpern, also auch von der Erde um so stärker absorbirt und wieder ausgestrahlt werden, je dunkler sie sind. Bei der Absorption werden die leuchtenden Strahlen in dunkle Wärmestrahlen umgewandelt und steigern also die Erwärmung.

	Schwarz	Weiss
Bei dem Quarzsande stieg die Wärme		
z. B. am 9. August auf	17·4° Celsius	14·8° Celsius
und fiel in der Nacht auf	15·9° „	13·2° „
stieg bei Tage am 11. August auf . .	18·3° „	14·6° „
fiel in der folgenden Nacht auf . . .	17·9° „	14·2° „

Im Uebrigen gelangt Wollny zu folgenden Schlüssen. Die Farbe der Oberfläche hat auf die Erwärmung der Böden im trockenen Zustande einen wesentlichen Einfluss, wo das Verhalten der mineralischen Bestandtheile ein annähernd gleiches und die Menge der organischen Substanzen (Humus) eine so geringe ist, dass zwar die Farbe dadurch dunkler wird, aber die specifische Wärme und die Wärmeleitung keine bedeutende Aenderung erfahren. Wird diese Grenze im Humusgehalte überschritten, oder treten in den sonstigen physikalischen Eigenschaften Unterschiede auf, so kann der Einfluss der Farbe vermindert oder wohl vollständig beseitigt werden. In solchen Fällen kann der concrete Versuch allein Aufschluss über die Bodenwärme geben.

2. Die specifische Wärme des Bodens.

Einen grossen Einfluss auf die Bodenwärme übt ferner die specifische Wärme des Bodens. Wenn die Wärmemenge, welche nöthig ist, um eine bestimmte Menge Wasser auf eine bestimmte Temperatur zu erwärmen = 1 gesetzt wird, so ist jene der Bodenarten etwa viermal kleiner, im Mittel ungefähr 0·25.

Nach den allgemeinen physikalischen Gesetzen muss sich ein Boden um so rascher erwärmen, je geringer seine specifische Wärme ist, je besser die Leitungsfähigkeit für Wärme und seine Absorptionsfähigkeit ist; er kühlt sich um so langsamer ab, je geringer sein Ausstrahlungsvermögen, je grösser die specifische Wärme und je schlechter seine Leitungsfähigkeit für Wärme ist.

Man hat verschiedene Methoden in Anwendung gebracht, um die specifische Wärme der Körper zu messen. Die von Regnault in Vorschlag gebrachte besteht darin, dass man die Erdprobe auf eine bestimmte Temperatur erwärmt, sie alsdann in kaltes Wasser bringt und die nun erfolgende Temperaturzunahme des Wassers feststellt.

Namentlich sind von Pfaundler sehr genaue Untersuchungen über die specifische Wärme verschiedener Erden ausgeführt worden, von welchen einige Angaben hier mitgetheilt werden mögen.

	Specifische Wärme der bei 100° Celsius getrockneten Substanz	Spec. Wärme der lufttr. Substanz	Wassergehalt der Erde im lufttr. Zustande
Flusssand, humusfrei . .	0·1923	0·1945	0·27%
Humusfreier Sand . . .	0·2029	0·2062	0·41%
Erde v. Sandsteingebirge des Wienerwaldes . .	0·2503	0·2679	2·35%
Graniterde	0·3489	0·3587	1·51%
Erde aus einem Wiesenmoor	0·2507	0·2598	1·22%
Torf aus einem Hochmoor	0·5069	0·5293	4·55%
Sehr fruchtbarer Weizenboden aus Ungarn . .	0·2847	0·3037	2·66%

Es beziehen sich diese Zahlen auf die specifische Wärme gleicher Gewichte; nimmt man aber ihre Umrechnung, mittelst der Volum-Gewichte, für gleiche Volumina vor, so ergibt sich, dass bei specifisch schweren Böden die specifische Wärme

steigt, bei den leichten dagegen fällt, wie dies einige Angaben von Liebenberg zeigen.

	Absolute Gewichtszahlen für gleiche Volumina	Bei 100° getrocknet. Spec. Wärme bezogen auf's Gewicht	auf's Volumen
Grober Diluvialsand .	1·8	0·191	0·344
Lösslehm	1·24	0·259	0·321
Humoser Lösslehm . .	1·16	0·310	0·359
Basaltboden	1·15	0·301	0·346
Granitboden	1·15	0·380	0·437
Haide-Erde	0·44	0·310	0·136
Eisenmoorboden . . .	0·66	0·122	0·081
Tertiärer Thon . . .	1·19	0·161	0·192

Man sieht also, wie sich gleiche Volumina des leichten Bodens trotz ihrer höheren specifischen Wärme durch eine gleiche Wärmesumme selbst höher zu erwärmen vermögen als schwere Böden bei viel geringerer specifischer Wärme.

Das gilt aber nur für trockene Böden; in solchem Zustande befindet sich aber der bewachsene Boden nicht, er ist vielmehr, wo er eine Vegetation dauernd zu unterhalten vermag, in einem mehr oder weniger feuchten Zustande. Da nun aber die specifische Wärme des Wassers = 1 ist, so muss der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens von allergrösstem Einflusse auf seine jeweilige Wärme-Capacität sein. Das erklärt, warum, trotz der nicht sehr differirenden Zahlen für die Wärme-Capacitäten, doch die Sandböden immer als heisse Böden gelten, weil sie immer weniger Wasser enthalten; warum ein Boden um so mehr Wärme zu seiner Erwärmung braucht, je mehr mit seinem Gehalte an Humus und Thon auch sein Feuchtigkeitsgehalt steigt. Daraus ergibt sich die Wichtigkeit der Drainage, indem sie durch Wasserentziehung die leichtere und raschere Erwärmung des Bodens möglich macht. Dass feuchte Bodenproben sich in der Sonne schwächer erwärmen als trockene, zeigte schon Schübler, welcher bei feuchten und troekenen Proben folgende Temperaturen notirte:

	Feucht	Trocken
Graugelber Quarzsand . . .	37·2° Celsius	44·7° Celsius
Fetter Thon	37·2° „	44·5° „
Schwarzbrauner Humus . .	39·7° „	47·3° „

3. Die Wärmeleitung im Boden.

Ein wichtiger Factor, welcher bei der Erwärmung des Bodens in Betracht kommt, ist die Wärmeleitung. Es ist

bekannt, dass das geringste Wärmeleitungsvermögen die Gase besitzen. Diesen schliessen sich in steigender Reihe die tropfbar flüssigen Körper an, dann kommen die Felsarten und schliesslich die Metalle als die besten Wärmeleiter.

Ein jeder Boden wird ein schlechterer Wärmeleiter sein als ein dichtes Gestein, und zwar wegen der luftführenden Räume. Je zahlreicher diese sind, um so schlechter die Leitung. Darum nimmt mit der Feinheit der Vertheilung die Leitungsfähigkeit ab. Durch Beimengung grösserer Steine wird die Leitungsfähigkeit sehr erhöht. Der Gehalt an Kalk und Magnesia verringert dieselbe gleichfalls, ebenso der an organischen Substanzen (Humus). Wird die Luft durch Wasser verdrängt, so wird die Leitungsfähigkeit erhöht; vollkommen mit Wasser gesättigter Boden leitet die Wärme selbst besser wie Wasser.

Die Methode der Untersuchung bei den von mir über diesen Gegenstand angestellten Versuchen bestand darin, dass trockene und feuchte, lockere und festgestampfte Erdproben in einerseits offene Holzcylinder eingefüllt und auf der offenen Seite mit Staniol verbunden wurden. Die Wand der Holzgefässe war an drei Stellen in bestimmten Abständen vom offenen Ende durchbrochen und wurden hier Thermometer eingesenkt, worauf die mit Staniol verbundenen Enden der Röhren an die Wände eines prismatischen Kupfergefässes angedrückt wurden, in welchem theils Wasser kochend erhalten, theils mittelst Kältemischungen eine sehr niedrige Temperatur erzielt wurde. Durch Umhüllung der Holzröhren mit schlechten Wärmeleitern wurde dafür gesorgt, dass keine Erwärmung sich störend von der Seite her geltend machen konnte. Von Stunde zu Stunde wurden die Temperaturen abgelesen und Parallelversuche in ähnlicher Weise auch mit Wasser und verschiedenen Salzlösungen und mit Steinprismen vorgenommen.

Bei einer anderen Versuchsreihe, welche vom März bis in den Hochsommer im Freien durchgeführt worden ist, sind 80 Centimeter lange und 12 Centimeter weite Cylinder mit Sand, Moor- und Ackererde gefüllt worden, theils im trockenen, theils im feuchten Zustande, und wurden diese in einer Kiste in den Erdboden des Versuchsgartens derart versenkt, dass sie rings mit schlechten Wärmeleitern, Werg und Häcksel, umgeben wurden. Gleich bei der Füllung wurden in diese Boden-

proben in jeden Cylinder zwei Thermometer 25 und 70 Centimeter tief versenkt und die Temperatur dreimal des Tages beobachtet. Die durch das Frühjahr und den Sommer fortgesetzten Versuche führten zu folgenden Schlüssen:

1. Die Wärmeleitungsfähigkeit des Bodens wird durch seinen feuchten Zustand erhöht.

2. Trotzdem erweist sich der feuchte Boden nur dort wärmer, wo die Verdunstung an der Oberfläche ausgeschlossen ist.

3. Findet diese statt, so ist in Folge der Verdunstungskälte der feuchte Boden trotz der besseren Leitung der kühlere, und ist diese Differenz der Temperatur des trockenen und feuchten Bodens dann um so grösser, je feuchter der Boden ist.

4. Bei niedrigen Temperaturen, die zwischen $+1$ und $+8^0$ Celsius liegen, nimmt die Verdunstung so beträchtlich ab, dass die Wirkung der besseren Wärmeleitung feuchter Böden zur Geltung gelangt.

5. Die Temperaturgrenze, bei welcher die Wirkung der besseren Wärmeleitung dem Effect der stetigen Abkühlung durch den Wärmeverlust bei der Verdunstung gleichkommt, ist für verschiedene Bodenarten nicht dieselbe.

6. Die Temperatur-Unterschiede zu Gunsten des trockenen und feuchten Bodens bei niedrigen wie bei hohen Temperaturen sind im Allgemeinen sehr gering. Die stärkste Differenz betrug nur $1{\cdot}5^0$ Celsius, meist nur Zehntel- und Hundertel-Grade.

7. Bei so geringen Unterschieden kann von einer Charakterisirung des nassen als eines kalten Bodens kaum die Rede sein. Ein Zurückbleiben der Vegetation in nassem Boden wird daher nicht dem Wärmemangel, sondern anderen Ursachen zuzuschreiben sein.

8. Temperaturschwankungen sind in den trockenen Böden grösser als in den feuchten. Die grössten Schwankungen zeigt im trockenen Zustande der Sand, dann folgt die Ackererde, zuletzt die Moorerde. Die Reihenfolge kehrt sich um, wenn sie feucht sind.

9. Es wird in hohem Grade wahrscheinlich, dass unter den gewöhnlichen Verhältnissen die Wärme in den feuchten, oberseits abgetrockneten Böden besser hinabgeleitet wird als in den auf grosse Tiefen hinab ausgetrockneten.

4. Einfluss der Lage und der Bedeckung des Bodens auf seine Erwärmung.

In Wirklichkeit werden die Wärmeverhältnisse der Culturböden stark beeinflusst auch durch die Lage und die äussere Bedeckung, ob er nackt oder bewachsen, ob er von krautartigen oder holzartigen Gewächsen bedeckt ist, ob er dem Windanfalle preisgegeben oder davor geschützt ist, ob er im Winter eine Schneedecke erhält oder derselben entbehrt. Von ausserordentlich grossem Einflusse sind ferner ausgiebige warme oder kalte Regen, die für den Boden ungefähr dieselbe Bedeutung bezüglich seiner Temperatur haben, wie die Winde bezüglich der Wärmeverhältnisse des Luftmeeres. Ein nackter kahler Boden wird sich in der wärmeren Jahreszeit mehr erwärmen, im Winter dafür stärker abkühlen als der bewachsene, und wird diese Wirkung im Schutze des Waldes sich in höherem Grade bemerkbar machen als unter dem Graswuchs oder den Saaten des Ackerlandes. Man ersieht dies deutlich aus Beobachtungen über die Bodentemperatur im Freien und im Walde, u. z. in verschiedenen Tiefen, welche an der Versuchsstation in Neustadt Eberswalde ausgeführt worden sind und von welchen folgende Daten als Differenzen der monatlichen Extreme mitgetheilt werden mögen.

	Frühling		Sommer		Herbst		Winter	
	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde	im Freien	im Walde
An der Oberfl.	11·13	7·69	12·66	8·56	10·80	7·73	9·13	6·76
½' tief . . .	8·18	5·31	8·72	5·98	7·04	5·33	5·16	4·14
1' „ . . .	5·59	4·11	5·55	3·59	4·82	3·84	3·75	3·73
2' „ . . .	4·03	2·80	3·39	2·16	3·63	2·61	2·31	1·92
3' „ . . .	3·35	2·17	2·17	1·49	2·69	2·08	1·65	1·38
4' „ . .	2·74	1·80	1·53	1·72	2·42	1·66	1·28	1·04

Um den Gang der Temperatur im Boden mit dem der Luft in den einzelnen Jahreszeiten vergleichen zu können, seien die vierteljährigen Mittel nach dreijährigen Beobachtungen in Lobositz hier angeführt:

	Winter			Frühling			Sommer			Herbst		
	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel	Min.
Lufttemperatur in Gr. C.	12·7	2·3	— 9·2	29·4	12·4	—2·5	37·1	25·7	18·3	32·2	12·9	—1·3
Boden-Oberfläche . . .	14·1	2·2	—10·3	31·5	13·2	—3·0	38·2	25·2	13 2	33 5	11·2	—1·7
6'' Tiefe	5·4	1·7	0	18·8	7·6	1·0	22·7	18·8	14·4	20·2	10·2	1·7
1' „	5·9	2·2	0·3	17·0	7·2	0	22·2	18·8	15·2	20·1	11·1	4·0
2' „	7·0	3 3	1·1	14·2	6·9	1·9	20·6	17·9	13·0	19·5	12·3	5·0
3' „	8·1	4 6	3·0	11·7	6·6	3·8	18·6	16·2	12·0	18·0	13·0	7·0

Man ersieht:

1. Dass die Extreme der Bodentemperaturen an der Oberfläche höher und tiefer liegen als die der Lufttemperaturen.

2. Die Mittel steigen mit der grösseren Tiefe im Winter und im Herbste, fallen aber im Frühjahr und im Sommer.

3. Im Ganzen werden mit der Zunahme der Tiefe die Differenzen kleiner, sowohl die Maxima und Minima wie die Mittel.

4. In grösserer Bodentiefe wird die grösste Abkühlung später eintreten, ebenso aber auch die grösste Erwärmung; doch ist dies aus der vorliegenden Tabelle nicht zu ersehen, da für so geringe Tiefen schon tägliche Schwankungen sich geltend machen und selbst kurzdauernde Wärme- und Kälteperioden bereits in den nächsten Tagen sich abspiegeln; es ist dies z. B. aus folgenden Beobachtungen zu ersehen, welche an aufeinander folgenden Tagen einmal bei steigender, ein anderesmal bei fallender Temperatur für 75 Centimeter Tiefe gemacht worden sind:

	Lufttemperatur	Bodentemperatur trocken	Bodentemperatur feucht
		in Graden Celsius	
16. Juli	23	16·79	16·18
17. „	15·67	16·79	16·22
18. „	17·60	16·70	16·08
19. „	17·52	16·4	15·77
20. „	20·97	16·25	15·74
21. „	23·68	16·31	15·86

Für bedeutendere Tiefen ist diese Verspätung des Eintrittes der höchsten Erwärmung und niedrigsten Abkühlung sehr deutlich ausgesprochen.

So fällt die Zeit des Maximums und Minimums der Bodentemperatur

in einer	Bodentiefe	von	6	Par.	Fuss	auf	Mitte	August	und	Mitte	Februar
„	„	„	12	„	„	„	„	Sept.	„	„	März
„	„	„	18	„	„	„	„	October	„	„	April
„	„	„	24	„	„	„	„	Nov.	„	„	Mai
„	„	„	30	„	„	„	„	Dec.	„	„	Juni
„	„	„	36	„	„	„	„	Januar	„	Anfang	Juli

Je tiefer man in den Boden eindringt, um so kleiner werden die jährlichen Temperaturschwankungen. So z. B. nach Beobachtungen in Ofen:

			Differenz zwischen Maximum und Minimum
in	4′	Tiefe	13·66⁰ Celsius
„	8′	„	7·35⁰ „
„	12′	„	4·63⁰ „
„	16′	„ . . .	2·49⁰ „
„	20′	„ . . .	1·42⁰ „
„	24′	„	0·85⁰ „
„	40′	„ . . .	0·09⁰ „

Die Punkte unveränderlicher Wärme finden sich also in unseren Breiten schon in einer Tiefe von 50, 60 bis 70 Fuss. Es hängt dies ab von der Grösse der jährlich stattfindenden Schwankungen der Lufttemperatur und von den Wärmeleitungs-Verhältnissen des Bodens: wo dieser aus compactem Gestein besteht, bei 70, 80, 90 Fuss; wo dagegen angeschwemmtes Terrain vorkommt, schon bei 40 bis 50 Fuss. In den Tropenländern, wo die Temperaturschwankungen der Lufttemperatur im Laufe eines Jahres äusserst gering sind, findet eine constante Temperatur schon in einer Tiefe von wenigen Fussen statt.

Die Tiefe, bis zu welcher der Frost in den Boden eindringt, hat für den Landwirth in mehrfacher Beziehung ein grosses Interesse. Diesfällige Erfahrungen können verwerthet werden, wenn es sich um die Legung von Drainröhren bis zu einer Tiefe handelt, in der sie vom Froste nicht mehr getroffen werden. Auch bei der Anlage von Wasserleitungen ist hierauf zu achten; ebenso ist bei der Bedeckung von Miethen für Aufbewahrung von Runkel-, Zucker- und Futterrüben, Kartoffeln u. s. w. mit Vorsicht die bekannte Erfahrung der betreffenden Gegend zu Rathe zu ziehen. Je nach der Strenge des Winters, je nach dem Umstande, ob Schnee fehlt oder eine dichte Schneedecke während strenger Frosttage auf dem Boden lagert, je nach der Feuchte des Bodens und seiner sonstigen Wärmeleitungsfähigkeit kann der Boden bei uns nur wenige Centimeter, aber auch bis 5, selbst 8 Decimeter tief gefrieren.

5. Die Wärme-Ausstrahlung des Bodens.

Nachdem es feststeht, dass verschiedene Körper sich bezüglich der Abgabe von Wärme durch Ausstrahlung nicht gleichförmig verhalten, können wir nicht daran zweifeln, dass auch der Boden als ein Gemisch verschiedenartiger Substanzen im Ausstrahlungsvermögen Unterschiede zeigen werde. Doch

sind die hiebei massgebenden Verhältnisse wenig bekannt und hat Liebenberg gefunden, dass die verschiedensten Böden, wenn sie unter gleichen äusseren Verhältnissen sich befinden, bezüglich ihrer Wärme-Ausstrahlung nahezu gleich sind. Die älteren Schübler'schen Angaben über die wärmehaltende Kraft verschiedener Bodenarten sind nach dieser Richtung hin nicht zu brauchen, weil er die Erdproben, welche er auf ihre Wärmestrahlung untersuchte, in Blechgefässe einfüllte, sonach die Wärme-Ausstrahlung durch das Metall besorgt wurde.

Man nimmt an, dass bei der Wärmestrahlung des Bodens das specifische Gewicht massgebend sei, deshalb

Sand, dessen specifisches Gewicht = 2·753 schneller erkaltet als
Thon, „ „ „ = 2·591; dieser erkaltet schneller als
Kalk, „ „ „ = 2·468; „ „ „ „
Humus „ „ „ = 1·225,

der am langsamsten erkaltet. Da die specifische Wärme im verkehrten Verhältnisse steht zum specifischen Gewichte, stände sonach die Grösse der Wärmestrahlung im verkehrten Verhältnisse zur specifischen Wärme. Bezieht man die specifische Wärme auf gleiche Volumina, dann ändert sich der Ausdruck für die leichten Bodenarten, für welche sich dann die specifische Wärme stark reducirt, womit dann die beträchtlichere Abkühlung des Humus sich erklärt.

Es hängt die allnächtliche Abkühlung des Bodens auch von seinem Wassergehalte und von der Beschaffenheit seiner Oberfläche ab, namentlich auch von der Bedeckung des Himmels, und ist letzterer Umstand wohl vor Allem der wichtigste.

Die bekannten Thatsachen über die Erwärmung und Abkühlung der verschiedenen Böden lassen sich etwa in folgenden Sätzen formuliren:

1. Die dunkeln wasserarmen Böden, welche ein geringes specifisches Gewicht besitzen, erwärmen sich unter dem Einfluss der auf sie wirkenden Wärmestrahlen am bedeutendsten. Sie kühlen sich aber bei dem Aufhören der Insolation auch schnell wieder ab.

2. Die dunkeln wasserarmen Böden, welche ein hohes specifisches Gewicht besitzen, erwärmen sich zwar nicht so leicht wie die soeben genannten, sie kühlen sich aber auch nicht so rasch ab und zeigen solche die günstigsten Wärmeverhältnisse für die Vegetation.

3. Die hellen wasserreichen Böden, die ein hohes specifisches Gewicht besitzen, erwärmen sich schwierig, kühlen sich aber auch langsam ab, zeigen zwar keine hohen Temperaturschwankungen, besitzen aber auch keine hohe durchschnittliche Temperatur.

4. Helle wasserarme Böden von geringem specifischen Gewichte erwärmen sich langsamer und kühlen sich schneller ab; solche Böden haben ungünstige Temperaturverhältnisse, insoferne bei geringer mittlerer Temperatur starke Schwankungen vorkommen.

FÜNFTER ABSCHNITT.

Die Absorptions-Erscheinungen im Boden.

1. Absorption von Wassergas.

Wie alle porösen Körper, hat auch der Boden die Fähigkeit, das Wassergas der Luft an der Oberfläche seiner einzelnen Partikelchen zu verdichten. Man nennt diese Eigenschaft des Bodens seine Hygroskopicität und nimmt an, dass die Bodentheilchen dann, wenn sie Wassergas absorbiren, dasselbe an ihrer Oberfläche zu einer äusserst dünnen Wasserhülle verdichten. Wenn eine weitere Absorption von Wassergas nicht mehr stattfindet, so nennt man den Boden mit Wasserdampf gesättigt und das festgehaltene Wasser hygroskopisch gebunden.

Je feiner die Bodentheilchen sind, desto grösser ist die Hygroskopicität; eine Beimischung von Thon oder Humus steigert sie stets erheblich.

Die Grösse der Absorption an Wassergas durch die verschiedenen Böden bestimmt man in der Art, dass man eine bestimmte Gewichtsmenge Erde trocknet, dabei erfährt, welchen Wassergehalt dieselbe im lufttrockenen Zustand besitzt und dieselbe dann in einen mit Feuchtigkeit gesättigten Luftraum bringt. Die Gewichtszunahme der Erde, wenn dieselbe constant geworden ist, ist gleich der Menge des hygroskopisch gebundenen Wassers. Uebrigens ist eine Constanz des Gewichts nicht zu erreichen, weil die Temperaturschwankungen fortwährend Aenderungen im Wassergehalte bedingen. Man nimmt aber an, der Versuch sei beendet, wenn die kleineren Schwankungen

nach oben und unten von Tag zu Tag sich gegenseitig aufheben.

Auf die Grösse der Absorption des Wassergases hat die Temperatur, in welcher die Bodenprobe sich befindet, einen grossen Einfluss. Nach Knop absorbirte eine und dieselbe Bodenprobe

bei 13^0 Celsius 13 % hygr. Wasser
„ 19^0 „ 11·9% „ „
„ 25^0 „ 10·2% „ „
„ 31^0 „ 8·7% „ „

Aber den grössten Einfluss hat der Umstand, ob der Versuch in einem Raume gemacht wird, wo keine Temperaturschwankungen stattfinden oder ob solche in beträchtlicher Höhe häufig wiederkehren. Bringen wir nämlich eine Bodenprobe, die unter einer Glasglocke in einem feuchten Raume eingeschlossen ist, aus einem warmen Raum in einen kälteren, so wird der Boden die Wärme rascher ausstrahlen als wie der Luftraum und wird eine Thaubildung am und im Boden eintreten, welche um so beträchtlicher ist, je öfter sich dieser Vorgang wiederholt.

Nach Versuchen Schübler's, welcher je 5 Gramm Erde von verschiedenen Bodenarten auf einer Fläche von 360 Quadrat-Centimetern ausbreitete, ergaben sich bei Expositionen von verschiedener Dauer folgende Resultate:

	100 Gewichtstheile absorbirten Wassergas in			
	12	24	36	72
	Stunden			
Quarzsand	0	0	0	0
Kalksand	0·3	0·3	0·3	0·3
Magerer Thon	2·1	2·6	2·8	2·8
Fetter Thon	2·5	3·0	3·4	3·5
Thonboden	3·0	3·6	4·0	4·1
Reiner Thon	3·7	4·1	4·8	4·9
Kohlensaurer Kalk gepulvert	2·6	3·1	3·5	3·5
Humus	8·0	9·5	11·0	12·5
Gartenerde	3·5	4·5	5·0	5·2
Ackererde	1·6	2·3	2·3	2·3

Man sieht aus diesen Zahlen, dass das hygroskopische Verhalten der einzelnen Bodenbestandtheile sehr verschieden ist. Der Quarz hat die Fähigkeit nicht; dem Humus kommt sie im höchsten Grade zu; dann ziehen auch die Thone die Luftfeuchtigkeit mit grosser Kraft an sich; Kalksand oder Kalk in Pulverform zeigt, wie viel auf die feine Vertheilung ankommt.

Das Vermögen der Ackererde, in trockenen Perioden Wasserdämpfe in ihren Poren zu verdichten, wird ganz allgemein als eine für das Pflanzenwachsthum wichtige und unbedingt nützliche Eigenschaft erachtet. Davy sagt: „Das Vermögen des Erdreichs, Wasser aus der Luft zu absorbiren, hängt innig mit der Fruchtbarkeit zusammen. Ist dieses Vermögen gross, so werden die Pflanzen in trockenen Jahreszeiten mit Feuchtigkeit versorgt." Auch Liebig spricht sich in demselben Sinne aus mit den Worten: „Wo im heissen Sommer die Oberfläche des Bodens austrocknet, ohne dass ein Ersatz aus tieferen Erdschichten durch capillare Anziehung statthat, dort liefert die mächtige Anziehung des Bodens zu dem gasförmigen Wasser in der Luft die Mittel zur Erhaltung der Vegetation."

Indessen sind diese Voraussetzungen, von so günstigen Folgen sie auch für die Vegetation begleitet wären, leider gänzlich unbegründet; denn sowohl von Sachs wie von Mayer, Liebenberg und Heinrich wurde ganz ausser Zweifel gestellt, dass ein Boden, in dem die Pflanzen bereits zu welken beginnen, immer noch so viel Feuchtigkeit besitzt, dass er in einem Luftraume, der absolut feucht ist, Wasser verdunstet, statt solches aufzunehmen; unter solchen Umständen ist natürlich die Hygroskopicität des Bodens für die Entwicklung und Wasserversorgung der Culturpflanzen ohne alle Bedeutung. Anders mögen sich manche Wüstenpflanzen verhalten, die wahrscheinlich sowohl aus der Luft wie aus dem Boden das hygroskopische Wasser und Wassergas aufzunehmen in der Lage sein dürften.

2. Quellen der Kohlensäure und ihre Vertheilung in der Bodenluft.

Woher stammt der nachgewiesene Reichthum der Bodenluft an Kohlensäure? Entweder sie entsteht im Boden selbst aus der Zersetzung organischer Substanzen; oder der Boden bezieht sie von aussen her, indem er vielleicht die Eigenschaft besitzt, aus dem Gasgemisch der Atmosphäre Kohlensäure zu verdichten; oder es concurriren beide Ursachen.

Würde ein namhafterer Theil der Kohlensäure im Boden seinen Ursprung der erfolgten Absorption verdanken, so müsste auch in einem Boden der jeder organischen Beimengung ent-

behrt, die Bodenluft an Kohlensäure reicher sein als die atmosphärische Luft.

Pettenkofer fand bei seinen Untersuchungen der atmosphärischen und der Bodenluft der libyschen Wüste, dass in der letzteren die Kohlensäure nie 1 pro Mille erreichte, in zwei Fällen sogar in geringerer Menge vorhanden war als in der atmosphärischen Luft, welche denselben Kohlensäuregehalt besass, wie die Luft in unseren Thälern und auf hohen Bergen. Zwar könnte gegen diese Untersuchungen das Bedenken erhoben werden, als könne möglicherweise die Kohlensäure aus den selbst gut verschlossenen Flaschen beim Transport, der lange dauerte, herausdiffundirt sein; allein es liegen neue Versuche von Dr. J. Möller vor, die an der forstlichen Versuchsstation in Wien ausgeführt worden sind und welche dies Ergebniss bestätigen.

Möller benützte zu seinen Versuchen luftdicht verschlossene Gefässe aus Glas, welche er theils mit sorgfältig ausgewaschenem und geglühtem Quarzsand theils mit humoser Gartenerde füllte. Von zwei rechtwinkelig gebogenen Glasröhren, von welchen die eine bis nahe an den Boden des Gefässes, die andere aber etwas unter das Niveau des eingefüllten Sandes oder der eingefüllten Erde reichte, führte die eine atmosphärische Luft zu, die andere führte die durchgesaugte atmosphärische Luft ab. Beide Röhren standen mit Absorptions-Apparaten in Verbindung, damit die atmosphärische Luft vor ihrem Eintritt in das Gefäss von Kohlensäure befreit wurde, andererseits die aus dem Gefäss ausgesogene Luft gleichfalls ihren Kohlensäuregehalt verlor, so dass dieser quantitativ genau bestimmt werden konnte. Wurde kohlensäurefreie Luft durch den Apparat gesaugt, wenn er ausgeglühten Quarzsand enthielt, so befand sich nur in den ersten drei Litern Luft Kohlensäure und zwar 1·2 Milligramm d. i. 0·65 Kohlensäure auf 1000 Volumina Luft. Die folgenden Luftmengen, die durchstrichen, waren frei von Kohlensäure. Wurde das Gefäss aber mit Gartenerde gefüllt und an jedem zweiten Tage eine gewisse Luftmenge, 3 oder 2 Liter, die früher von ihrer Kohlensäure befreit war, durchgepumpt, so enthielten

beim 1. Versuch 3 Liter Luft 22·8 Milligr. Kohlensäure
„ 2. „ 3 „ „ 18·0 „ „

beim	3.	Versuch	3	Liter	Luft	24·8	Milligr.	Kohlensäure
„	4.	„	2	„	„	22·0	„	„
„	5.	„	3	„	„	25·6	„	„
„	6.	„	2	„	„	21·6	„	„
„	7.	„	2	„	„	19·2	„	„
„	8.	„	2	„	„	22·8	„	„

Diese Zahlen lehren:

1. Dass Bodenarten, welche organische Beimengungen enthalten, eine stetige Quelle zur Bildung von Kohlensäure besitzen.

2. Die Bildung der Kohlensäure erfolgt nicht gleichmässig, doch sind die Schwankungen, wenn die äusseren Bedingungen gleich bleiben, nicht bedeutend.

3. Werden aus einer abgeschlossenen Bodenmenge hintereinander grössere Mengen Luft aspirirt, so verarmt der Boden an Kohlensäure, weil die Zersetzung im Boden nicht gleichen Schritt hält mit dem Durchstreichen der Luft.

Es lassen sich die Fragen erheben: in welcher Abhängigkeit der Kohlensäuregehalt der Bodenluft zu jenem der atmospärischen Luft steht; ob die atmosphärische Luft durch den Boden diffundire, ohne in ihrem Mischungsverhältnisse geändert zu werden; oder ob der Boden eine Absorptionsfähigkeit für Kohlensäure besitze und ob in dieser letzteren Richtung rein mineralische Böden gleiche Wirkung äussern wie humose? Diese Fragen beantwortet J. Möller durch seine Versuche wie folgt.

Zunächst fand derselbe, dass der Quarzsand im absolut trocknen Zustande die Fähigkeit nicht besitzt, Kohlensäure zu absorbiren oder zu verdichten. Die humose Erde dagegen besitzt auch im absolut trockenen Zustande das Vermögen, Kohlensäure aus der Luft zu absorbiren, doch ist dasselbe ausserordentlich gering.

Durch Zufuhr von organischen Substanzen in den Boden wird der Kohlensäuregehalt des Bodens erheblich gesteigert. Möller mischte den Quarzsand, der keine Kohlensäure enthielt und liefern konnte, mit frischen geschnittenen Blättern von *Carpinus Betulus*, ebenso machte er den Versuch mit frisch gesammelten Nadeln der Schwarzkiefer. Die nach einigen Tagen durchgesaugte Luft enthielt im Mittel in einem Liter derselben, wenn Blätter von *Carpinus Betulus* angewendet wurden, 87·1 Milligramm, bei Verwendung der Nadeln 63·2 Milligramm Kohlensäure.

In dem Masse, als die Verwesung fortschreitet, steigert sich auch die Bildung von Kohlensäure. Wenn nicht daran zu zweifeln ist, dass die Bodenluft durch Verwesung organischer Substanzen mit Kohlensäure geschwängert wird, so verliert im Vergleich zu dieser Thatsache die Absorptionsfähigkeit des Bodens der Kohlensäure der Luft gegenüber jede Bedeutung; sie hat nur ein theoretisches Interesse, so wie die Frage, ob die durch den feuchten Sand durchstreichende Luft ihren Kohlensäuregehalt nicht etwa durch ihre eigene Kohlensäure, sondern durch mikroskopische Organismen herbeiführe, welche sie in den Boden einführt.

In jedem Boden, welcher mit organischer Substanz mehr oder weniger reichlich versehen ist, schwankt die Menge der Kohlensäure je nach der Intensität, mit welcher die Verwesung fortschreitet und es ist ganz wohl möglich, dass ein reich gedüngter Boden unter Umständen relativ arm an Kohlensäure ist. Wenn der Wechsel der atmosphärischen Luft behindert ist, der verbrauchte Sauerstoff nicht ersetzt wird, muss ein Stillstand in der Kohlensäurebildung eintreten. Mangel an Feuchtigkeit hebt gleichfalls die Humificirung auf. Endlich kann der Oxydationsprocess nur innerhalb bestimmter Temperaturen stattfinden.

Auf den Kohlensäuregehalt des Bodens ist die Durchlässigkeit desselben für Gase und die Leichtigkeit mit welcher dieselben aus dem Boden in die Atmosphäre diffundiren, von hervorragendem Einflusse, so dass unter Umständen sogar Schichten mit reicherem Humusgehalte einen geringeren Kohlensäuregehalt aufweisen können, als andere, in denen erwiesenermassen die Kohlenstoffverbindungen sehr spärlich vorkommen. Aus Sand diffundirt die Kohlensäure sehr leicht und schnell, aus Thon langsam und schwer.

Von allergrösstem Einflusse auf die Bildung der Kohlensäure im Boden und somit auch auf seinen Kohlensäuregehalt ist der Grad der Feuchtigkeit desselben. Im absolut trockenen Boden ist die Luft desselben nicht reicher an Kohlensäure als die Atmosphäre. Andererseits genügt ein sehr geringer Wasservorrath im Boden, bei dem dieser noch nicht feucht genannt wird, um in ihm dieselbe Kohlensäuremenge zu produciren, als wenn er

mit Wasser gesättigt wäre. Wird ein vorher lufttrockener Boden daher bewässert, sei es durch einen Niederschlag oder durch sonstige Wasserzufuhr, so findet eine beträchtliche Steigerung des Kohlensäuregehaltes der Bodenluft statt.

Das Wasser im Boden hat nicht blos die Bedeutung, dass es die Bildung von Kohlensäure unterhält, sondern auch die, dass es die Kohlensäure in grössere Tiefen hinabführt; es ist das Vehikel für die Verbreitung der Kohlensäure in die tieferen Bodenschichten. Diese Verbreitung ist die vorzüglichste Ursache des bedeutenden Kohlensäuregehaltes in tieferen Schichten auch unfruchtbarer Böden; die dort aufgespeicherte Kohlensäure ist nicht mineralischen Ursprungs, sondern das Product der Zersetzung von Pflanzen, welches sich an der Bodenoberfläche gebildet hat.

Sonach hat das Wasser eine sehr grosse Bedeutung sowohl als Beförderungsmittel der Bildung der Kohlensäure in allen Bodenschichten, wie auch als ein Vehikel für ihren Transport in grössere Tiefen, wo freier Sauerstoff sich kaum vorfindet, und jedenfalls die Zersetzung der organischen Substanz nur sehr langsam vor sich gehen kann. Dass aber die Kohlensäurebildung im Boden ein sehr wichtiges Moment für das Wachsthum der Pflanzen bildet, darüber besteht kein Zweifel. Man mag über die Aufnahme derselben durch die Wurzeln und ihre nachfolgende Assimilation in den Blättern welcher Meinung immer sein, gewiss ist die reichlichere Bildung derselben im Boden schon deshalb wichtig, weil sie verschiedene Nährstoffe im Boden aufschliesst und löslich macht, und, in die Luft diffundirend, die über dem Boden lagernde Luftschicht, in welcher sich die Pflanzen befinden, mit Kohlensäure bereichert.

Ist im Boden ein grösserer Vorrath von Wasser vorhanden, so ist die Kohlensäure wegen ihrer leichten Löslichkeit im Wasser wohl immer in der Bodenfeuchte gelöst. Aber das Wasser dunstet ab, mit ihm die Kohlensäure und es frägt sich nur, ob beide Vorgänge mit der gleichen Intensität stattfinden, oder ob nicht etwa die frei gewordene Kohlensäure im Boden zurückgehalten wird? Das physikalische Gesetz über die Diffusion der Gase durch poröse Scheidewände lehrt Folgendes: Die Geschwindigkeiten, mit welchen die Gase diffundiren, verhalten sich umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus ihren spe-

cifischen Gewichten. Ist das specifische Gewicht der Luft = 1, so ist das specifische Gewicht der Kohlensäure = 1·5202, das specifische Gewicht des Wasserdampfes = 0·6221. Es ist also das Volumen des austretenden Wasserdampfes 1·265mal, dagegen das Volumen der austretenden Kohlensäure nur 0·81mal grösser als das der eintretenden Luft. Mit anderen Worten, die Geschwindigkeit, mit welcher die Kohlensäure mit Luft diffundirt, ist nahezu um die Hälfte kleiner als die des Wasserdampfes. Wenn daher die Bodenfeuchtigkeit abdunstet, wird ein Theil der von ihr absorbirten Kohlensäure frei und bereichert die Bodenluft.

Die Energie der Kohlensäure-Entwicklung ist von der Temperatur abhängig, wie dies nachstehende Zahlen zeigen, welche das Volumen der Kohlensäure pro Mille, in Cubik-Centimeter für 1 Liter Luft angeben, die aus Bodenproben von verschiedener Temperatur aspirirt wurde.

Temperatur	+ 19·4°	Celsius	19·1	Cubikcentim. Kohlensäure
„	+ 25·2°	„	24·7	„ „
„	+ 32·0°	„	24·9	„ „
„	+ 16·0°	„	20·3	„ „
„	— 4·0°	„	12·5	„ „
„	— 9—11°	„	10·2	„ „
„	+ 20°	„	20·1	„ „
„	+ 60°	„	43·2	„ „

Auffallend erscheint, dass bei der durch Kältemischung abgekühlten Erdprobe immer noch beträchtliche Mengen Kohlensäure aspirirt wurden, während doch angenommen wird, dass die Verwesung unter 0° sistirt wird. Das ist damit zu erklären, dass sie sich nicht im gefrorenen Boden gebildet hat, sondern schon früher in ihm enthalten war und aus dem gefrierenden Wasser ausgetreten ist.

Möller untersuchte die Bodenluft eines Wiesengrundes in einer Tiefe von 0·5, 1·0, 1·5 und 2 Meter auf ihren Kohlensäuregehalt und erhielt in 1 Liter aspirirter Luft folgende Volumen Kohlensäure:

	0·5 Meter	1·0 Meter	1·5 Meter	2 Meter
	in Cubikcentimeter			
1. Versuch . . .	14·6	12·7	12·7	11·5
2. „ . . .	13·0	13·0	13·0	11·5
3. „ . . .	13·2	11·5	13·0	11·6
4. „ . . .	13·4	13·4	12·2	12·4
5. „ . . .	14·3	14·6	13·9	13·9

In einem jungen Buchenbestande betrug pro Liter aspirirter Luft das Kohlensäure-Volumen

	für 0·5 Meter Tiefe	1 Meter Tiefe
1. Versuch	14·4 Ccm.	15·0 Ccm.
2. „	16·4 „	17·1 „
3. „	17·6 „	14·2 „

Die Mittelwerthe aus vielen Versuchen haben ergeben, dass in verschiedenen Tiefen die Kohlensäuremengen fast gleich sind, denn in der Tiefe

von 0·5	Metern	betrugen sie	12·25	Cubikcentim.	pro	Liter
„ 1	„	„ „	12·5	„	„	„
„ 1·5	„	„ „	12·3	„	„	„
„ 2·0	„	„ „	12·8	„	„	„

daher man im Allgemeinen nicht sagen kann, dass der Kohlensäuregehalt des Bodens mit wachsender Tiefe zunehme.

Alles in Allem genommen, kann man sagen, der Culturboden enthält an Kohlensäure beträchtliche Mengen; doch stammen diese nicht aus der Luft, sondern entwickeln sich in Folge der Zersetzung der organischen Reste (Humus); aus einem solchen Boden diffundirt Kohlensäure in die Luft, nicht aber wird solche aus der Luft absorbirt.

3. Absorption von Sauerstoff.

Der Sauerstoff, der in der Luft in so reichlicher Menge enthalten ist, diffundirt auch in die Bodenluft um so reichlicher, je grösser der Verbrauch desselben ist, wo also Humus-Substanzen und Eisenoxydul-Verbindungen vorhanden sind, wo lebende Wurzeln Sauerstoff verbrauchen.

Die Diffusion von Sauerstoff in die obersten gelockerten Schichten wird leicht und rasch vor sich gehen, es sei denn, dass eine Krustenbildung seinen Eintritt erschwert. Deshalb ist der Vortheil, den das Brechen der Krusten gewährt, jedenfalls auch mit dem erleichterten Zutritt des Sauerstoffes zu motiviren. Natürlich wird die Sauerstoff-Diffusion in den Boden um so lebhafter sein, je mehr der Boden gelockert ist und auf je grössere Tiefen dies geschehen ist.

Am ärmsten an Sauerstoff sind die tiefsten Schichten; überhaupt bemerkt man eine constante Abnahme des Sauerstoffgehaltes der Bodenluft von oben nach unten. Es kann diesem Mangel nur durch tiefe Lockerung und Drainage vorgebeugt werden.

Ein eben nur feuchter Boden nimmt mehr auf als ein mit Wasser vollständig gesättigter (Sumpfboden); vollkommen nasser Boden nimmt kaum merkbare Mengen auf. Die Drainage, welche in Folge des hydrostatischen Druckes grössere Wassermengen aus den tieferen Schichten in den Drainröhren abfliessen lässt, bewirkt eine sehr gute Lüftung, indem von oben her an die Stelle des nach unten sickernden Wassers Luft bis in das Niveau der Drainröhren treten kann.

Eine Lüftung wird auch durch die ungleiche Erwärmung des Bodens und der Bodenluft bewirkt, womit ein ununterbrochener Ein- und Austritt von Luft verbunden ist.

4. Absorption von gasförmigem kohlensaurem Ammoniak.

In der Regel enthält die Bodenluft nur dann grössere Mengen von kohlensaurem Ammoniak, wenn mit Stoffen gedüngt wurde, welche bei der Verwesung viel Ammoniak entwickeln. In solchem Boden hat Boussingault bis 32 Theile Ammoniak in 1 Million Theilen der Bodenluft gefunden. Nachdem die atmosphärische Luft zu allen Zeiten nur sehr geringe Mengen an kohlensaurem Ammoniak enthält (Boussingault bestimmte in einer Million Gewichtstheilen nur 0·133 Gewichtstheile Ammoniak, Greger 0·333 Gewichtstheile), kann wohl von einer beträchtlicheren Absorption dieses Gases durch den Boden aus der Luft keine Rede sein. Allerdings, wenn ein feuchter Boden in einen Raum eingeschlossen wird, der von Dämpfen des kohlensauren Ammoniaks geschwängert ist, wird eine beträchtliche Menge davon absorbirt werden können. In einem solchen Fall wird durch den Sauerstoff ein Theil des absorbirten Ammoniaks zu Salpetersäure oxydirt, in welcher Form der Stickstoff nicht mehr aus dem Boden verflüchtigt werden kann. Sobald die Erdprobe aus dem mit Ammoniakdämpfen geschwängerten Raum wieder an die Luft gebracht wird, geht der grösste Theil der nicht in Salpetersäure umgewandelt worden ist, durch Diffusion wieder verloren. Ein solcher Verlust kann auf dem frisch gelockerten Boden gleichfalls vorkommen, namentlich wo er kurz nach der frischen Düngung gerührt wird.

5. Absorptionsvermögen des Bodens gegenüber Salzlösungen.

Eine der wichtigsten Eigenschaften der Ackererde besteht darin, gelöste Stoffe verschiedener Art, vorzüglich aber unorganische Substanzen, unter ihnen eine Reihe von Pflanzennährstoffen, in sich niederzuschlagen, so dass die durchfiltrirte Lösung weit ärmer an diesen gelösten Stoffen wieder aus der Erde tritt.

Schon Thaer hatte die absorbirenden Eigenschaften guter Ackererden in folgender Bemerkung geahnt: „Der Thon hält die fruchtbaren Theile, die eigentlichen Nährstoffe der Pflanzen zurück, darum wird er nicht leicht völlig daran erschöpft. Ist er aber einmal daran verarmt, so erfordert er eine grössere Menge von Dünger, um in Fruchtbarkeit gesetzt zu werden, als wie der sandige Boden. Daher auch die allgemeine Regel, Thonboden stark und selten, Sandboden aber schwach und oft zu düngen."

Gazzeri in Italien (1823), später Bronner in Deutschland (1836) waren die Ersten, welche das Absorptionsvermögen des Bodens gegenüber aufgelösten Stoffen klar erkannten und auf seine Wichtigkeit hingewiesen haben, ohne dass man dazumal diese Entdeckung Bronner's beachtet und weiter verfolgt hätte. Bronner beschrieb damals (vor 40 Jahren) diese Wirkung der Ackererde folgendermassen: „Man fülle eine Bouteille, die an ihrem Boden ein kleines Loch besitzt mit feinem Flusssande oder halbtrockener gesiebter Gartenerde an. In diese Bouteille giesse man allmälig so lange dicken und ganz stinkenden Mistpfuhl, bis die ganze Masse durchdrungen ist. Die aus der unteren Oeffnung hervorkommende Flüssigkeit wird fast geruch- und geschmacklos erscheinen und die Eigenschaften der Jauche ganz verloren haben. Daraus ersehe man, welche Fähigkeit die Erden besitzen, die extractiven Theile anzuziehen und völlig aufzunehmen, ohne sie wieder durch das nachrückende Wasser loszulassen; selbst die auflöslichen Theile werden aufgenommen und nur ein geringer Theil durch nachrückendes Wasser ausgespült."

Huxtable und Thompson machten ein Jahrzehent später (1845), die gleiche Entdeckung, die hierauf von Way auch theoretisch untersucht wurde. Way fasste den ganzen

Vorgang als einen rein chemischen auf und versuchte darzuthun, dass eine Reihe von wasserhaltigen Doppelsilicaten, bestehend einerseits aus kieselsaurer Thonerde, andererseits aus kieselsauren Verbindungen anderer Basen, im Boden vorkämen, welche die Fähigkeit hätten, diese Basen auszutauschen, wenn sie mit einer Salzlösung einer anderen Base in Berührung gebracht werden.

Liebig nahm die Untersuchungen Way's auf und erweiterte sie in mehr als einer Richtung. Allein er begnügte sich nicht mit einer chemischen Anschauungsweise, er neigte vielmehr zu einer theilweise physikalischen Erklärungsweise des Processes hin; dieselbe wurde in einseitiger Weise von vielen seiner Anhänger adoptirt, welche geneigt schienen, folgendes Gesetz für die Absorption des Bodens aufzustellen: „Die Absorption ist bedingt durch Flächenanziehung, welche die Moleküle der Ackererde ausüben. Sie hängt beinahe ausschliesslich ab von der physikalischen Beschaffenheit der Mineralsubstanzen und der organischen Stoffe, welche den Boden zusammensetzen." Offenbar war man zu dieser Vorstellung von der mechanischen oder physikalischen Absorption durch die Eigenschaften der Kohle geführt worden, von welcher man ja auch weiss, dass sie Ammoniak verdichte, Salz- und Farbstoffe in sich niederschlage u. s. w. Jedoch ist sowohl Holz- wie thierische Kohle nicht reine Kohle, sondern auch aschenhältig, welche Aschenbestandtheile hauptsächlich thätig zu sein scheinen, wenn den Kohlen die Fähigkeit zukommt, Alkalien und alkalische Erden niederzuschlagen. Es ist dies um so wahrscheinlicher, als A. Mayer bei Verwendung reiner Kohle, die er sich aus dem Russe einer Petroleumflamme bereitete, durchaus negative Resultate erhielt, indem es ihm in keinem Falle gelungen ist, bei Verwendung von Chlorkalium, schwefelsaurem Kali, phosphorsaurem Natron u. s. w. irgend eine Absorption festzustellen, obwohl sonst diese Salze von Coaks gerne absorbirt werden. Auf Grund dieser Betrachtungen ist die mechanische Absorption wohl als ein überwundener Standpunkt anzusehen und die chemische Auffassung wieder in ihr Recht eingesetzt.

Es haben nun die neueren Forschungen auf diesem Gebiete von Knop, Liebig, Way, Eichhorn und Anderen zu folgenden Resultaten geführt:

1. Ammoniak, Kali, Magnesia, Natron, Schwefelsäure, Kieselsäure und Phosphorsäure können vom Boden absorbirt werden; dagegen erfolgt eine Absorption von Salpetersäure und Chlor nur in sehr geringer Menge.

2. Wenn man dem Boden die genannten Stoffe im freien Zustande zuführt, so gehen sie einfach gewisse Verbindungen mit den Bodenbestandtheilen ein. Wird eine Basis aus der Lösung eines Salzes absorbirt, so tritt dafür eine der absorbirten Menge der Basis äquivalente Quantität einer anderen Basis in Lösung.

3. Der Boden wirkt am energischsten absorbirend auf einen Bestandtheil eines Salzes ein, wenn gleichzeitig auch der andere Bestandtheil des Salzes gebunden wird.

4. Die Zeitdauer der Berührung zwischen Boden und Flüssigkeit ist von keinem erheblichen Einfluss auf das Resultat der Absorption.

5. Durch Wärme wird die Absorption gesteigert.

6. Zwischen der Grösse der Absorption und der Quantität des Bodens, der Flüssigkeitsmenge und der Concentration der Lösung ergeben sich eigenthümliche Beziehungen.

7. Aus einer verdünnten Lösung wird regelmässig weniger absorbirt, als aus einer concentrirteren, auch wenn beide in sehr grossen Mengen gegeben werden.

8. Aus einer sehr verdünnten Salzlösung wird nichts absorbirt.

9. Die absorbirten Stoffe können durch's Auswaschen mit vielem Wasser theilweise wieder der Erde entzogen werden.

10. Aus einer grösseren Menge Lösung wird mehr absorbirt als aus einer kleineren Menge von derselben Concentration.

11. Aus derselben Lösung nimmt eine grössere Bodenprobe mehr auf als eine kleinere, aber nicht in geradem Verhältniss.

Die Ammoniak-Absorption wird herbeigeführt durch: 1. Wasserhaltige Silicate, 2. fein vertheilte wasserfreie Silicate, 3. Entstehung von kohlensaurer Ammoniak-Thonerde, 4. Entstehung von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, 5. Aluminate, 6. phosphorsaures Eisenoxyd, 7. Eisenoxydhydrat, 8. huminsaure Salze.

Die Kali-Absorption wird wie jene des Ammoniaks herbeigeführt, ausserdem noch durch: 1. Amorphe Kieselsäure, 2. Thonerdehydrat (schwach).

Die Kalk-Absorption durch: 1. Bildung dreibasisch-phosphorsauren Kalkes, 2. huminsaures Ammoniak oder huminsauren Kalk, 3. wasserhaltige Silicate.

Die Magnesia-Absorption kommt zu Stande durch: 1. die Bildung von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, 2. die Bildung von phosphorsaurem Magnesiahydrat, 3. wasserhaltige Silicate.

Die Phosphorsäure-Absorption durch: 1. Eisenoxyd, 2. Thonerde, 3. Kalk, 4. Bildung von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia.

Die Schwefelsäure-Absorption durch Kalk.

Die Kieselsäure-Absorption durch Bildung schwer löslicher Silicate.

Alle fruchtbaren Ackererden haben ein hohes Absorptionsvermögen gegenüber der Salzsäure und der Schwefelsäure; gegenüber der Salpetersäure ist dieses weniger der Fall. Für die erstere mag dies nicht viel bedeuten, da wir ja wissen, dass Chlor kein unentbehrlicher Grundstoff für die Pflanzen sei; auch bei der Schwefelsäure, die nur äusserst selten in unzureichender Menge im Ackerboden vorhanden ist, hat diese Eigenschaft weiter keine nennenswerthen praktischen Folgen. Wohl aber ergeben sich solche bei der Salpetersäure, woraus sich wichtige praktische Düngeregeln ableiten lassen, die ungefähr das verlangen, was bei Sandboden für jede Düngung als Regel gilt — nicht vor einer regnerischen Jahreszeit, wo viel Wasser den Boden durchströmt und auslaugt, zu düngen, also z. B. keine Herbstdüngung vorzunehmen. Eine Herbstdüngung mit Chilisalpeter würde dort grossentheils verloren gehen, wo ein grosser Theil der Niederschläge im Herbst und Winter in den Untergrund versinkt; wo aber bei tiefgründigen Böden die Durchfeuchtung gar nie über die Wurzeltiefe der Getreidepflanzen statthat, da hat man natürlich zu solchen Bedenken keinen Grund.

Aehnliche praktische Regeln ergeben sich dann trotz der hohen Absorbirbarkeit des Ammoniaks für alle Stickstoffdüngungen, weil in allen guten Ackererden Gelegenheit zum Ueber-

gang des Stickstoffes der organischen Verbindungen und des Ammoniaks in Salpetersäure gegeben ist. Wenn trotz der Nichtabsorbirbarkeit eines der allerwichtigsten Nährstoffe durch den Boden dennoch kein grösserer Verlust eintritt, so liegt der Grund hievon darin, dass der Stickstoff der Ackererde zumeist in Form von zur Zeit unlöslichen organischen Substanzen vorhanden ist, da nur sehr geringe Mengen von Salpetersäure durch den Regen in den Boden gelangen. In dem Masse nun als diese Stoffe durch Verwesung und Oxydation in Ammoniak und Salpetersäure übergehen, kann diese letztere, da ihre Salze sehr rasch und vollständig von der Pflanze aufgenommen werden, zur Assimilation gelangen und so braucht der entstehende Verlust bei der grossen Absorbirbarkeit des Mittelgliedes nicht so bedeutend zu sein als man auf den ersten Blick glauben möchte. Im Winter aber, wo die Vegetation ruht und ein Verbrauch an Salpetersäure durch die Wurzeln nicht statt hat, da ist auch die Zersetzung, welche Ammoniak und Salpetersäure liefert, fast vollständig sistirt.

Der grosse Vortheil, der durch die Absorptionsfähigkeit des Bodens für die Vegetation erwächst, besteht nicht nur darin, dass viele werthvolle Nährstoffe dem Boden erhalten und vor der Auslaugung bewahrt werden, sondern es werden durch dieselbe auch die Concentrationen der Bodenlösungen ausserordentlich gemässigt und lange Zeit hindurch auf einer nahezu gleichen Stufe erhalten, trotzdem dass durch die Momente der Stoffaufnahme einerseits und der atmosphärischen Niederschläge andererseits das Bestreben besteht, die Concentration der Bodenlösung fort und fort zu verändern. Die Absorptionskräfte des Bodens können daher nicht nur als Mittel der Erhaltung des Nährstoffvorrathes im Boden angesehen werden, sondern sie reguliren auch die Concentration der Bodenlösung, was die Pflanzenwurzeln entschieden vor Schädigung bewahrt.

In jeder Bodenschicht setzt sich die Lösung von Bodennährsalzen, die sich in derselben befindet, in's Gleichgewicht je nach der Beschaffenheit dieser Schicht; darum wird eine Lösung, welche, in den obersten Schichten entstanden, allmälig nach abwärts geführt wird, an den leichter absorbirbaren Bestandtheilen immer ärmer. Nimmt ein Boden in seiner Frucht-

barkeit von oben nach unten ab, so wird auch die Bodenlösung von oben nach unten eine wesentlich veränderte und immer ärmere sein, wie man dies an den Drainwässern sehen kann, die glücklicherweise stets arm an Ammoniak, Kali, Magnesia und Phosphorsäure sind, daher man auch nicht aus der Beschaffenheit der Drainwässer auf die Fruchtbarkeit des Bodens schliessen kann. Denn es ist möglich, dass ein sehr geringer Gehalt der Drainwässer von einer grösseren Armuth des Bodens herrührt, aber auch durch die hohe Absorptionsfähigkeit desselben bedingt wird, wie umgekehrt ein grösserer Gehalt einen Uebereichthum des Bodens oder auch ein geringes Absorptionsvermögen verrathen kann.

Schliesslich ist auch noch hervorzuheben, dass das Absorptionsvermögen mit dem Feinheitsgrad der einzelnen Bodenpartikelchen in einer sehr engen Beziehung steht, dass es mit demselben zu- und abnimmt, bis endlich Kies und grober Sand, Gerölle und Schotter gar kein Absorptionsvermögen mehr besitzen.

DRITTES HAUPTSTÜCK.

Beurtheilung und Classification des Bodens.

Die Bodenclassification kann von verschiedenen Gesichtspunkten aus erfolgen:

1. Auf Grundlage mineralogisch-geognostischer Untersuchungen (mineralogisch-geognostische Bodenclassification).

2. Mit Zuhilfenahme der physikalisch-chemischen Merkmale des Bodens (physikalisch-chemische Bodenclassification).

3. Auf Grund des Vorkommens gewisser charakteristischer wildwachsender Pflanzen (botanische Bodenclassification).

4. Auf Grund der Erträge, welche bei dem Anbau weitverbreiteter Culturpflanzen, z. B. der Getreidearten oder tiefwurzelnder Futterpflanzen gewonnen werden (ökonomisch-pflanzenbauliche Bodenclassification).

5. Auf Grundlage aller Merkmale, welche irgend einen Einfluss nehmen können auf den Werth eines Bodens (allgemeine Bodenclassification).

Vor der Besprechung der einzelnen Bodenclassifications-Methoden soll noch der Einfluss der Lage des Bodens auf seinen Werth gewürdigt werden. Bereits früher wurde erörtert:

1. Dass diese Lage wesentlichen Einfluss nimmt auf die Wärme- und Insolationsverhältnisse des Bodens,

2. auf die Beziehung gegenüber den Winden,

3. auf die Vertheilung der Niederschläge und ihre Ansammlung,

4. auf die leichtere und schwierigere Bearbeitung des Bodens, in welcher Beziehung er hier nochmals betrachtet wird.

Am günstigsten verhält sich in dieser Hinsicht die horizontale Lage, doch können bei solcher andere Schwierigkeiten und Uebelstände sich ergeben. Sowohl die Ent- wie die Bewässerung ist erschwert; den Winden sind solche Ebenen von allen Seiten preisgegeben; die Insolations- und Wärmeverhältnisse sind nicht immer die günstigsten.

Flächen, die einen Hang von 0·5, 1 bis 2^0 besitzen, bilden das beste Culturland; 3 bis 4^0 sind schon bemerkbar aber nicht nachtheilig. Bei 6^0 hört der Hang schon auf sanft zu sein; die Ackerfurchen sind schon schwer bergauf zu ziehen und muss querüber in der Richtung der Horizontalen gepflügt werden. Schon bei $9^3/_4{}^0$ tritt die Unmöglichkeit ein, die Furchen nach aufwärts zu legen (Wechselpflüge sind nothwendig); daher ist im Allgemeinen ein Winkel von 6 bis 10^0 der Maximalsatz für das Ackerland. Zwischen 11 und 20^0 geneigtes Terrain eignet sich schon besser für Wiesen oder Weiden, an südlichen Abdachungen für Weinberge, an nördlichen für Wald. Aber Weingärten occupiren selbst noch Hänge von 35 bis 40^0, wenn durch Terrassen der Hang in einzelne, weniger geneigte Absätze und Stufen umgeformt worden ist. Sonst ist bei 20 bis 30^0 nur Wiese, Weide und Wald, bei noch stärkerer Neigung nur noch Wald möglich.

100 Quadratmeter haben bei einem Winkel

von	10^0	eine Projections-Ebene von	98·48	□M.
bei	25^0	„	„	„	90·63	„
„	60^0	„	„	„	50·0	„

Es wird deshalb der geneigten Fläche zugemuthet, dass sie mehr leisten könne für die Ernährung der Pflanzen als die ihr entsprechende horizontale Projection (Thaer, Boussingault). Geneigtes Land macht grösseren Anspruch an die Culturarbeiten als horizontales.

ERSTER ABSCHNITT.

Mineralogisch-geognostische Bodenclassification.

Nachdem die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Gesteinsarten und der diese zusammensetzenden Mineralien bekannt ist, nachdem man weiss, dass durch die Verwitterung der Boden gebildet wird, und dass hiebei gewisse genau bekannte Verwitterungsproducte zu Stande kommen, sollte man glauben, es müsse die Kenntniss der geognostischen Grundlage auch einen sicheren Schluss gestatten auf die Beurtheilung des Bodenwerthes. Warum ist dieser Schluss nicht richtig? Weil die Verwitterungsproducte nicht immer an dem Orte bleiben, wo sie entstanden sind. So erhält man einen Gegensatz zwischen primitiven und angeschwemmten Böden und es wäre jener Schluss überhaupt nur anwendbar auf primitive oder Urböden. Aber auch diese sind selten in einer solchen Lage, dass alle Verwitterungsproducte beisammen bleiben. Dazu kommt, dass die Zusammensetzung der Gesteine und Materialien eine sehr wechselnde ist, dass ihr Gefüge ein fein- oder grobkörniges, ihre Verwitterung eine rasche oder langsame sein kann, so dass dasselbe Gestein bald einen feinen oder groben, einen tief- oder seichtgründigen Boden liefert. Auch Nebengemengtheile die von Werth oder werthlos sein können, sind zuweilen in sehr kleiner oder verschwindender Menge, ein anderesmal sehr reichlich vertreten. Wenn aber selbst für Urböden die Kenntniss der Gesteine, aus welchen der Boden entstanden ist, keinen sicheren Schluss auf seine Qualität erlaubt, so ist dies noch mehr mit den fort- und angeschwemmten Böden der Fall, umsomehr, je weiter sie von dem Ort ihrer Entstehung geführt worden sind.

Beide, sowohl primitive wie secundäre Böden können sehr fruchtbar sein, der Vorzug gebührt aber doch den angeschwemmten. Die ersteren sind in ihrem Gehalte an Pflanzennährstoffen auf den Vorrath beschränkt, welchen die Gesteine selbst enthalten; bei angeschwemmten Böden dagegen kann auf verhältnissmässig kleinen Flächen der Reichthum entfernter ausgedehnter Gesteinsmassen zusammengehäuft worden sein. Die Landwirthe haben meist angeschwemmten, die Forstwirthe dagegen primitiven Boden zu benützen.

Wir berücksichtigen unter den bodenbildenden Gesteinen zunächst die krystallinischen Massengesteine. Solche sind jene, deren vorwiegender Bestandtheil die Kieselsäure im freien oder gebundenen Zustande ist ($^1/_2$ bis $^1/_4$ der ganzen Masse) (Silicate).

Man unterscheidet: 1. Saure Silicate, 2. basische Silicate.

1. Die ersteren enthalten viel freie Kieselsäure, ferner beträchtliche Mengen von Kali, man nennt sie deshalb kieselalkalische Gesteine.

2. Die zweite Gruppe besitzt nur gebundene Kieselsäure, viel Eisen und Kalk, daher man für sie die Bezeichnung kiesel-eisen-kalkige Gesteine wählte.

Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Porphyr, Trachyt sind z. B. Repräsentanten der ersten Gruppe, Syenit, Diorit, Melaphyr, Dolerit, Basalt dagegen Repräsentanten der zweiten.

Chemische Zusammensetzung der I. Gruppe.

	Granit (Quarz, Orthoklas meist auch Oligoklas, Glimmer)	Gneis (Quarz, Orthoklas, Oligoklas, Glimmer)	Glimmerschiefer (Quarz, Glimmer, fast kein Orthoklas)	Porphyr (Quarz, Orthoklas und Oligoklas, Glimmer nur nebenbei)	Trachyt (mit und ohne Quarz, Sanidin o. Hornblende-Krystallen, glasiger Kali-Feldspath mit und ohne Oligoklas, gelegentlich noch andere Gemengtheile)
	in Procenten				
Kieselsäure	72·6	67·3	79·5	75	64·2
Thonerde	15·6	16·1	13·4	10·9	17·0
Eisenoxydul	1·5	4·5	3·9	3·2	6·7
Kalk	1·3	3·9	0·7	0·5	0·5
Magnesia	0·3	1·5	1·0	0·4	0·2
Kali	5·0	5·1	4·7	3·1	4·4
Natron	2·3	3·0	0·4	4·0	5·1
Wasser	0·8	0·4	0·8	0·7	1·0

Zusammensetzung der II. Gruppe.

	Syenit (Orthoklas oder Oligoklas und Hornblende)	Diorit (Labrador od. Oligoklas und Hornblende oder Augit)	Melaphyr (Oligoklas und Augit)	Dolerit (Labrador und Augit)	Basalt (Labrador und Augit)
	in Procenten				
Kieselsäure	58·1	54·7	59·2	51·8	44·9
Thonerde	17·7	15·7	15·1	14·2	17·6
Eisenoxydul	8·3	8·1	14·7	16·0	15·1
Kalk	5·8	7·8	4·6	7·9	12·8
Magnesia	2·1	5·9	1·5	4·7	9·7
Kali	3·2	3·8	1·7	1·5	0·9
Natron	3·0	2·9	3·6	3·7	0·2
Wasser	1·3	1·9	1·6	0·8	0·6

Noch deutlicher wird die Beziehung zwischen der Zusammensetzung dieser beiden Gruppen, wenn für die einzelnen Mineralien die Zusammensetzung dagegengehalten wird. Hiebei seien die Minima und Maxima an einzelnen Bestandtheilen angegeben.

	Kali-Feldspath	Natron-Feldspath	Labrador	Hornblende	Augit
		in Procenten			
Kieselsäure .	65·6—67·0	62·0—63·9	52·5—53·7	40·3—43·8	47·4—51·8
Thonerde . .	16·5—20·9	21·2—23·9	26·7—29·2	9·3—16·4	0·4— 8·1
Eisenoxyd . .	0·9— 1·6	0 — 2·5	1·8— 3·5	—	0— 5·8
Eisenoxydul .	—	—	—	15·3—21·8	7·8—21·3
Kalk	0·1— 1·5	1·1— 3·5	8·6—13·1	12·1—13·8	3·1—20·0
Magnesia . .	0·2— 0·9	0·6— 0·8	0·4— 0·9	11·7—13·4	13·8—21·3
Kali	7·9—12·8	1·2— 4·3	0·6— 1·5	—	—
Natron . . .	2·0— 4·6	5·9— 9·5	1·4— 5·0	—	—

Noch sind bisher die Phosphorsäure und Schwefelsäure nicht erwähnt worden, und doch werden beide in fruchtbaren Erden angetroffen, ohne dass sie künstlich zugeführt worden wären. Die Mineralogen und Petrographen haben dieselben, obwohl sie in allen Gesteinen aufzufinden sind, übersehen; bei genauen Analysen wurden sie überall nachgewiesen.

So in Granit . . . . 0·58% Phosphorsäure
„ Gneiss . . . . 0·78% „
„ Feldspath . . . 1·70% „
„ Basalt . . . . 1·11% „
„ Melaphyr . . . 0·30% „
„ Syenit . . . . 0·18% „
„ Porphyr . . . 0·43% „

Der Boden entsteht durch Verwitterung der Gesteinsmassen. Diese Verwitterung kann im weiteren Sinne als eine doppelte aufgefasst werden; als eine mechanische und als eine chemische. Bei der mechanischen wirkt die Wärme und der Frost; ferner das Wasser — der Tropfen höhlt den Stein. Die chemischen Agentien sind der Sauerstoff und die Kohlensäure, beide im freien und gelösten Zustande.

Sauerstoff kann natürlich nur dort wirken, wo Oxydul-Verbindungen vorkommen.

Kohlensäurehältiges Wasser wirkt auf die Alkali-Feldspathe Orthoklas und Oligoklas in der Art ein, dass es dieselben einerseits in kieselsaure Thonerde (Kaolin), andererseits in lösliches kieselsaures Kali oder Natron verwandelt. Die Kohlensäure der Luft und des Wassers trägt eben zur Löslichmachung

des basisch-kieselsauren Alkalis bei. Diese kieselsauren Alkalien werden ausgelaugt. Quellen, die aus Graniten, Gneisen entspringen, sind wegen ihres Gehaltes an kieselsauren Alkalien schwach alkalisch; sie sind weich, eignen sich gut zum Waschen, beim Durchgang durch den Torfboden färben sie sich schwarz, weil sie Humussäuren lösen.

Etwas anders wirken die Meteorwässer auf die an alkalischen Erden reichen Mineralien: Labrador, Augit und Hornblende. Hier bewirkt das mit Kohlensäure geschwängerte Wasser eine Zerlegung in der Art, dass einerseits kohlensaure alkalische Erden entstehen, die, in weiteren Mengen kohlensäurehältigen Wassers gelöst, das sich zersetzende Mineral verlassen. Hiedurch wird neben kieselsaurer Thonerde (Kaolin) ein Rest von freier Kieselsäure erzeugt, welche sich im amorphen oder feinvertheilten Zustande befindet. Diese Rückstände bilden zeolithartige Mineralien, „Zeolithe", welche der weiteren Auslaugung eine Grenze setzen.

Die aus kieseleisen-kalkigen Gesteinen entspringenden Quellen enthalten im Wesentlichen keine kieselsauren Alkalien, sondern doppeltkohlensauren Kalk; sie sind harte Wässer, schlecht zum Waschen geeignet und färben sich bei ihrem Durchgang durch Humus nicht schwarz, da humussaure alkalische Erden fast ganz unlöslich sind. — Die eingetretene Verwitterung macht sich durch Verminderung des Glanzes, durch zahlreiche Risse und Sprünge, durch Veränderung der Farbe, durch Auflockerung und erdiges Zerfallen bemerkbar.

Beim Granit geht die Verwitterung immer vom Feldspath aus. Zunächst verwittert der Oligoklas, erst hierauf der Kalifeldspath. Nach Wegschwemmung der Verwitterungsproducte zerfällt der Granit zu einem Gries, dessen Körner je nach der Structur grösser oder kleiner sind. Meist sind dies Quarzkörner, aber auch Körner des Feldspaths sind, wenn derselbe schwer verwittert, immer darunter. Diese Verwitterung geht oft sehr rasch von statten und kann bei leicht verwitterbaren Graniten selbst mehrere Fusse in die Tiefe betragen. Solche verwitterte Granitblöcke lassen sich durch einen Fusstritt zertrümmern, mit Boden-Bearbeitungs-Instrumenten durchfurchen. Wenn die Trümmer weggeschwemmt werden, wird die Verwitterung begünstigt, wenn sie liegen bleiben, verlangsamt.

Der Gneis verhält sich wie Granit, wenn er viel Feldspath und wenig Glimmer enthält; ist er aber glimmerreich, so schützt der Glimmer, der sehr schwer verwittert und den Einfluss des Wassers auf den Feldspath hindert, auch diesen vor Verwitterung. Die mechanische Wirkung des Wassers beim Gefrieren ist wegen der leichteren Spaltbarkeit des Gneises eine erhöhte; der Gneis zerfällt daher leicht in kleinen Schutt, aber die Verwitterung auf chemischem Wege ist eine viel langsamere.

Der Glimmerschiefer verwittert, wenn er keinen Feldspath besitzt, fast gar nicht. Er lockert und spaltet sich wie der Gneis, zerfällt auch manchmal zu Sand aus Quarz und Glimmer.

Granit, Gneis und Glimmerschiefer kommen in Oesterreichs Provinzen in ziemlicher Ausdehnung vor. Bald mit körniger Structur als Granit und Syenit; bald schiefrig als Gneis und Glimmerschiefer; grob- und feinkörnig in sehr wechselnden Mengungsverhältnissen von Feldspath, Quarz und Glimmer mit und ohne Hornblende. Ihre ziemlich rasch sich bildenden Verwitterungsproducte sind ein grusiger (grobsandiger), gelblicher lockerer Lehm, von nachhaltiger Nährfähigkeit; sie umhüllen bald die Berglehnen und Kuppen, bald lagern sie am Fusse der Berge als Schutt- und Schwemmhalden, die oft von diluvialen Ablagerungen schwer zu unterscheiden sind.

In der Centralkette der Alpen sind diese Felsarten: Granit und Gneis, den Regionen der landwirthschaftlichen Culturen zumeist entrückt; im hercynischen Bergsysteme und im böhmisch-mährischen Randgebirge hingegen trägt der aus denselben entstandene Boden bis zu bedeutenden Höhen schöne Waldculturen, breite ausgedehnte Felder und Wiesen in einer Ausdehnung von über 500 Quadratmeilen.

Die Porphyre, welche aus einem innigen Gemenge von Quarz und Feldspath bestehen, werden in ihren Feldspathen, und zwar dem Oligoklas, am ersten angegriffen. Nur langsam verbreitet sich die Verwitterung in's Innere und durch die ganze Masse. Schliesslich bleibt nur weisser Kaolin mit eingeschlossenen Quarzkörnern zurück. Dergleichen verwitterte Porphyre liefern häufig das Rohmaterial für Porzellan-Fabriken.

Der Trachyt, der hauptsächlich aus glasigem Kalifeldspath (Sanidin) besteht, ist zur Verwitterung sehr geneigt und

wird solche durch die poröse Structur der Trachyte sehr erleichtert.

Der Syenit verwittert in seinen Feldspathen unschwer, die Hornblende aber schwerer als jene und selbst als Augit. Hornblende lässt bei weitgehender Verwitterung eine grüne thonige Masse zurück. Aehnlich verhält sich auch der Diorit, nur mit dem Unterschied, dass dessen Oligoklas oder Labrador schwerer verwittert als der Feldspath des Syenit.

Der Melaphyr verwittert leicht, dagegen der Dolerit sehr schwer, weshalb aus ihm seltener Erdmassen in grösserer Menge gebildet werden.

Der Basalt endlich verwittert leicht und stark. Zuerst verwittert der Augit, in Folge dessen die Oberfläche erst braun wird; wird diese braune Erdmasse abgespült und setzt sich die Zersetzung des Augits noch weiter nach innen fort, so bleibt der Labrador noch an der Oberfläche unverwittert stehen und lässt den Basalt grau erscheinen.

Aus der Gruppe der Porphyre, Trachyte und Basalte findet man in Oesterreich-Ungarn dreierlei Gesteine in grösserer Ausdehnung: thonige Porphyre in Südtirol, Phonolithe und Basalte in Böhmen, Trachyte in Ungarn und Siebenbürgen. Als anstehendes Gestein sind diese Felsarten meist spaltenreich und werden der Verwitterung allmälig zugänglich. Ausser dem oberflächlichen, meist seichten Verwitterungsmantel sind auch die Spalten der Felsen mit dem Producte der Verwitterung angefüllt, und dadurch wird solcher Boden besonders dem Waldbau günstig, z. B. im Trachytgebirge der Karpathen. Die Basaltböden findet man gewöhnlich mit dunklen, die Wärmestrahlen stark absorbirenden Scherben und eckigem Grand bedeckt, woraus zuletzt eine feine mehlige, oft ockerige Thonerde hervorgeht, auf der alle Hauptculturen gedeihen. Die Porphyre liefern reichliche Massen sandig ockerigen, rothen Lehms in verschiedenen Abstufungen der Feinheit.

Die Art des Transportes der Gesteinstrümmer und verwitterten Gesteinsmassen durch fliessendes Wasser.

Nur ausnahmsweise ist die Oberfläche der Erde so beschaffen, dass die Verwitterungsproducte an Ort und Stelle

abgelagert bleiben könnten, vielmehr sind bedeutende Erhebungen auf der Erdoberfläche vorhanden, von welchen theils losgelöste Trümmermassen, theils die entstandenen Verwitterungsschichten durch die mechanische Kraft des fallenden Wassers abgeschwemmt und weit forttransportirt werden. Aber nicht blos diese Verschleppung der losgelösten Steinfragmente haben wir dem fliessenden Wasser zuzuschreiben, sondern auch ihre weiterschreitende Zertrümmerung, welche sie beim Fortrollen durch gegenseitige Reibung erleiden. Man braucht nur die runden Kiesel zu betrachten, um von dieser weitgehenden Zerkleinerung eine Vorstellung zu gewinnen. Selbst die härtesten Gesteinsfragmente werden ganz rund abgeschliffen, woraus erhellt, wie viel Procente des Gewichtes eines ganz beliebig geformten Bruchstückes in Gestalt von staubförmigem Material abgeschliffen werden müssten, um diese runden oder eiförmigen oder scheibenförmigen Gerölle zu bilden.

Nun werden aber nicht alle Bruchstücke gleichweit fortgeführt. Sollen grosse Steinblöcke in Bewegung gesetzt werden, so sind grosse Wassermassen mit einem starken Gefälle nothwendig; zur Fortschwemmung des feinsten Sandes und der thonigen Bestandtheile genügt ein ganz unbedeutender Wasserfaden, der langsam fortsickert; die feinsten Schlammtheile endlich können sich erst aus völlig ruhig stehenden Wässern absetzen.

Bewegt sich das Wasser mit einer Geschwindigkeit

von	6— 8 Centim. pro Secunde,	so wird feiner Thon und feinster Sand fortgeführt,
bei	10—15 „ „ „	schon gewöhnlicher Sand,
„	15—20 „ „ „	grober Sand,
„	20—25 „ „ „	Grus,
„	50—60 „ „ „	kleines Gerölle,
„	100 „ „ „	Gerölle von Ei- bis Faustgrösse.

Gegensätze sind die Wild- und Giessbäche des Hochgebirges, welche mit ihren reissenden, kataraktähnlich herabstürzenden Wassermassen die grössten Felsblöcke fortzurollen vermögen und das ruhig stehende Wasser des Teiches, aus dem sich der feinste Schlamm abzulagern vermag.

Will man aus trübem Flusswasser die suspendirten feineren Erdtheile zum Niedersitzen bringen, dann leitet man es aus seinem Bette zwischen Dämme, wo es eine Zeit lang ruhig

stagnirt und sich klärt. Behufs des Anwachsens des Marschbodens an der Nordsee werden an seichten Stellen der Meeresküsten Dämme in's Wasser hineingebaut, welche nur an einer Stelle das Meerwasser während der Fluth eintreten lassen. Hat es seine Schlammtheile abgelagert, kann es später während der Zeit der Ebbe auf einmal oder allmälig wieder abgelassen werden, worauf durch die Fluth neues Wasser zu gleichem Zwecke zugeführt wird. An anderen, nicht derart eingedeichten Stellen der Meeresküste, wo der Wellenschlag ungehinderten Zutritt hat, wo das Wasser mit Eintritt der Ebbe wieder rasch zurückfliesst, wird aller Schlamm wieder zurückgeführt und es bilden sich nur unfruchtbare Dünen, aus reinem und polirtem Sande bestehend.

Zwischen den Extremen wasserfallähnlicher Bewegung des Wassers und völliger Stagnation finden sich aber alle möglichen Uebergänge. Ein und dasselbe Gewässer kann bei Hochwasser einen sehr raschen Lauf, bei niedrigem Stande einen sehr trägen Lauf besitzen, und so kann das bei niedrigem Wasserstande Angeschwemmte später wieder weggeführt oder mit gröberen Theilen überdeckt werden, und umgekehrt kann grober Sand und Gerölle mit den feinsten Schlammtheilen bedeckt werden.

Die Menge an gröberen und feineren Verwitterungs-Producten, welche durch die sämmtlichen fliessenden Gewässer auf diese Weise von den höheren Punkten der Continente entführt und auf dem Wege theils auf dem Festlande, theils im Meere abgelagert werden, sind ausserordentlich gross. So berechnet Professor Harlacher in Prag die im Jahre 1866 bei Lobositz abgeflossene Wassermenge der Elbe mit 4750 Mill. Cubikmeter, in welchen

an suspendirten Stoffen . . .	455·95	Mill. Kilogr.
„ gelösten „ . .	510·90	„ „
zusammen .	966·85	Mill. Kilogr.

enthalten waren. Wie gross dabei zugleich die Verluste an wichtigen Pflanzennährstoffen sind, die unwiederbringlich dem Lande verloren gehen, ersieht man daraus, dass beispielsweise an Phosphorsäure 1·25, an Kali 20·28 Mill. Kilogramm in demselben Jahre mit dem Elbewasser aus Böhmen abgeflossen sind.

Wie beim Schlämmen der Erdproben mit den sogenannten Spülapparaten die gröberen und feineren Bodenpartikelchen

leicht gesondert werden können, so werden auch in der Natur die verwitterten Erdmassen je nach ihrem Feinheitsgrade, je nach ihrem specifischen Gewichte und der Schnelligkeit der Bewegung des fliessenden Wassers in verschiedene Glieder sortirt und an sehr verschiedenen Orten abgelagert.

Das erste Glied besteht aus groben Gesteinstrümmern, Schutt und Kies; derselbe bleibt an den oberen und höher gelegenen Enden der Thalsohlen zurück und gelangt nur selten in's Meer. Wenn solche Trümmer durch ein Bindemittel verkittet werden, entstehen mancherlei Conglomerate, welche aber fast durchweg Süsswasserbildungen sind.

Das zweite Glied besteht aus Sand, vorherrschend aus Quarz, aber auch aus verschiedenen anderen Mineralspecies (Glimmersand, Augitsand, Feldspathsand u. s. w.). Je nach seinem Feinheitsgrade bleibt er entweder auf dem Festlande zurück oder wird durch die Flüsse und Ströme bis in's Meer gewälzt. Auch im Meere selbst finden höchst verschiedene Strömungen statt, welche bewirken, dass sich an manchen Stellen des Meeresbodens in der Nähe der Flussmündungen, an den Küsten, überhaupt dort, wo die stärkere Strömung sich verlangsamt, der Sand sich absetzt.

Das dritte Glied der Verwitterungsmassen aus krystallinischen Massengesteinen sind die thonigen Zersetzungsproducte von höchst feiner Vertheilung. Diese werden, durch das Wasser auf das langsamste bewegt, sehr leicht fortgeschwemmt und gelangen, soweit sie nicht an den Flussrändern und den tieferen Theilen des Flussgebietes abgesetzt werden, vollständig in's Meer. Hier kommen sie natürlich nur an den ruhigsten Stellen zum Absitzen.

Das vierte Glied endlich ist der Kalk, der als doppeltkohlensaures Salz in aufgelöstem Zustande fortgeführt wird. Wenn derselbe auch durch die Wirkung der Winde und durch Abgabe von Kohlensäure, durch die er als einfachkohlensaurer Kalk weniger leicht löslich ist, in sehr feiner Vertheilung gefällt wird, so wird er doch gleichfalls zum grossen Theil in's Meer getragen. Auch hier wird er sich als Bodensatz ansammeln entweder an besonderen Orten oder gemeinschaftlich mit dem Thon und Sand. Aber auch Muschelthiere nehmen viel Kalk aus dem Wasser auf und lagern denselben in ihren Muscheln ab.

Denkt man sich nun z. B. den Sand mit einem Bindemittel, sei solches thoniger oder kalkiger Natur, verkittet, so kann man sich eine Vorstellung von der Entstehung der Sandsteine machen; der Grund, warum die auf dem Meeresgrund entstandenen Gesteinsformationen später oft auf dem Festlande anzutreffen sind, ist in Hebungen zu suchen, welche zu allen Zeiten die Oberflächengestalt der Erde verändert haben.

Aber auch diese Sandsteinbildungen secundärer Natur verwittern und es kommt auf das Bindemittel an, wie diese Verwitterung und ob langsam oder rasch vor sich geht. Ist es kalkig, so äussert die Kohlensäure ihre auflösende Wirkung; ist es kieselig, so verhält sich der Sandstein wie ein Quarzfels; ist es thonig-kieseliger Natur, so geht die Verwitterung wie bei den Silicaten vor sich.

Die Zusammensetzung der Sandsteine ist sehr verschieden, nicht nur bei Sandsteinen verschiedener Formationen, sondern auch bei Sandsteinen derselben Formation, was leicht erklärlich ist, und so kann ein Sandstein bei der Verwitterung einen sehr fruchtbaren, aber auch einen höchst unfruchtbaren Boden liefern. Eine Darstellung der Zusammensetzung mit ihren Schwankungen nach oben und unten mag dies nachweisen.

Kieselsäure	30·0—98·5%
Thonerde	0·8—30·4%
Eisenoxyd und Oxydul	0·5— 7·7%
Kalk	0·0—14·5%
Magnesia	0·0— 7·8%
Kali	0·1— 2·4%

Phosphorsäure meist sehr wenig.

Auch die auf dem Meeresgrunde abgelagerten thonigen Bestandtheile erhärten zu Gesteinen, die je nach ihrer grösseren oder geringeren Härte als Thonschiefer, Schieferthone, Thone unterschieden werden. Auch solche haben sich in allen geologischen Epochen gebildet und sind gleichfalls durch Erhebungen vielfach über den Meeresspiegel gekommen oder noch am Meeresgrund versenkt.

Eine grosse Gruppe theils krystallinischer, theils Versteinerungen führender Schiefer hat die gemeinschaftliche Eigenschaft, dass sie bei ihrem compacten Gefüge und wegen ihrer meist feinen Gemengtheile nur schwer verwittern; auch haben sie oft einen hohen Quarzgehalt. Vermöge ihrer nie fehlenden

Thonerde- und Magnesiasilicate zerfallen sie endlich doch und bilden einen thonigen mit feinen Quarzkörnern gemengten Boden, der wegen seiner Zähigkeit für die meisten Culturpflanzen nur im mittelmässigen Grade sich eignet. Leichter zerfallen die Schieferthone und erdigen Thonschiefer; aber auch diese liefern einen feinen meist bündigen und zähen Boden, ihr Kaligehalt ist aber nicht unbeträchtlich und ebenso steigt ihr Gehalt an Schwefel- und Phosphorsäure.

Zusammensetzung der

	schieferigen	erdigen Thone
	in Procenten	
Kieselsäure	46·5—78	40·35—77·03
Thonerde	9·7—36·1	13·0 —38·0
Eisenoxyd und Eisenoxydul	2·7—14·0	2·3 —19·1
Kalkerde	Spur —13·7	0·35— 3·7
Magnesia	„ —11·7	0·06— 1·12
Kali	1·6— 6·16	0·29— 2·51
Natron	1·6— 5·9	0·1 — 1·7

Unter den Meeresablagerungen bilden nebst Sandsteinen und Thonen die Kalksteine eine Gruppe von hervorragender Bedeutung. Es steht fest, dass diese Kalksteine ihrer Substanz nach auf die kalkhaltigen krystallinischen Gesteine zurückgeführt werden müssen, aus denen sie sich nur durch chemische Umformung und Verschleppung gebildet haben können. Diese kalkreichen Meeresablagerungen sind zum Theil aus dem Niederschlage des früher aufgelösten doppeltkohlensauren Kalkes, zum grossen Theil aber auch aus den Schalen der Muscheln und Schnecken entstanden, wie ja die Kreide dem bewaffneten Auge ihren organischen Ursprung mit Bestimmtheit verräth. Der oft ziemlich erhebliche Gehalt an Phosphorsäure spricht gleichfalls für eine Ablagerung der Kalke, wobei die Reste der Schalthiere eine grosse Rolle gespielt haben. Die Zusammensetzung einiger solcher Kalksteine ist die folgende:

	Silurkalk	Devonkalk	Muschelkalk Württemberg	Kreide Champagne	Rogenstein England
			in Procenten		
Kohlensaurer Kalk	90·1	82·2	77·9	97·6	95·4
Kohlens. Magnesia	1·3	2·1	16·6	0·5	1·3
Kieselsäure	—	9·2	3·1	1·1	1·0
Thonerde, Eisenoxyd	2·3	5·8	1·4	0·6	1·4
Phosphorsäure	0·8	—	0·1	—	0·12
Kali, Natron	—	—	—	0·3	—
Schwefelsäure	—	—	—	—	0·13

Wo im Meere sich gewisse Bedingungen der Ablagerung vorfinden, da mischen sich sandige, kalkige und thonige Ablagerungen und es bilden sich Sedimente intermediären Charakters (Mergel). Je nachdem nun Sand, Thon oder Kalk vorherrschen, unterscheidet man Sand-, Kalk- und Thonmergel.

Als Muster der Zusammensetzung einiger solcher Mergelgesteine mögen folgende dienen:

	Thonmergel Württemberg	Kalkmergel Thüringen	Sandmergel Niederrhein
	in Procenten		
Kieselsäure (Sand)	40·7	11·8	59
Thonerde	32·0	10·6	10
Eisenoxyd	8·9	1·5	4·3
Kohlensaurer Kalk	9·5	74·1	20·2
Kohlensaure Magnesia . .	2·2	0·3	4·2
Kali	0·05	0·1	1·1

Ihrer rein mineralischen Beschaffenheit nach können sämmtliche Böden in folgende Classen gebracht werden:

I. Ursprüngliche Böden (primitive oder Urböden) d. h. solche, welche auf ihrem Muttergestein noch aufgelagert sind.

A. Entstanden aus einem krystallinischen Massengestein:

1. Feldspathböden (Granit, Porphyr, Trachyt u. s. w.);
2. Augit- und Hornblendeböden (Basalt, Dolerit, Melaphyr u. s. w.);
3. Glimmerböden (Glimmerschiefer, Gneis).

B. Entstanden aus einem geschichteten Gestein:

4. Sandsteinböden (aus den verschiedenen Sandsteinen);
5. Thonböden (aus Thonschiefer, Schieferthon u. s. w.);
6. Kalkböden (aus Kalksteinen, Kreide, Dolomit u. s. w.).

II. Verschwemmte Böden (secundäre) d. h. solche, die nicht mehr auf ihrem Muttergestein aufgelagert sind.

7. Schutt- und Kiesböden (aus allen möglichen Gesteinen);
8. Sandböden;
9. Thonböden;
10. Lehmböden (die Elemente der beiden vorigen Böden gemischt enthaltend);
11. Kalkböden (kommen verschwemmt nur selten rein vor);
12. Mergelböden (Kalk, Thon und Sand gemischt enthaltend).

ZWEITER ABSCHNITT.

Physikalisch-chemische Bodenclassification.

Den Eintheilungsgrund dieser Classification bildet das Vorwalten eines der hauptsächlichsten Bodengemengtheile: Sand, Thon, Kalk, Humus u. s. w., wobei auch die mechanische Vertheilung, die Beschaffenheit des Humus u. s. w. berücksichtigt wird. So nennt man Böden, in welchen der Sand vorherrscht, Sandböden; selbstverständlich ist demnach, was unter Thon-, unter Kalk- und unter Humusböden gemeint ist. Zur weitergehenden Bezeichnung und Charakterisirung dienen dann die adjectivischen Bestimmungswörter, welche die Aehnlichkeit mit, oder den Uebergang zu anderen Classen andeuten. So bedeutet „lehmiger", „kalkiger", „humoser" Sandboden das Vorkommen von Lehm, Kalk und Humus neben Sand; die Bezeichnung „feinsandig", „grobsandig" würde den Feinheitsgrad, der Ausdruck „lose" die geringe Cohärescenz andeuten.

Diese Bezeichnungsart lässt eine allgemeine Anwendung zu, weil ja der Boden auf der ganzen Erde aus denselben Gemengtheilen, wenn auch in den wechselndsten Verhältnissen, zusammengesetzt ist; sie ist zugleich sehr bequem, weil durch die einfachsten Hilfsmittel auf mikroskopischem Wege die Beurtheilung und Vergleichung der Merkmale leicht erfolgen kann. Immerhin müssen aber die Erhebungen über die Zusammensetzung des Bodens nach seinen Hauptbestandtheilen und seinen physikalischen Eigenschaften noch mit dem Einflusse des Klimas und dem der Lage combinirt werden, um ein Urtheil über den Werth des Bodens zu gewinnen.

Wir betrachten der Reihe nach den Sand-, Thon-, Lehm-, Kalk- und Mergel-, Salz-, Stein- und Humusboden.

1. Der Sandboden.

Alle Stein- und Mineralkörner, von Pulver- bis zu Rapskorn- und Erbsengrösse, werden zum Sand gerechnet.

Nun können aber diese Sandkörner der Verwitterung unterliegen oder nicht; sie sind veränderlich oder unveränderlich.

In dem ersteren Falle wird ein früher sandreicher Boden immer sandärmer und immer reicher an feinerdigen Bodenbestand-

theilen; im zweiten Falle wird er bezüglich seines Sandgehaltes natürlich keine Veränderung erleiden.

1. Darnach unterscheidet man Sandböden, welche gar keinen oder höchstens 5% verwitterbaren Silicatsandes besitzen (quarzreiche oder silicatarme).

2. Sandböden, welche bis 10% Silicatsandes enthalten (silicathaltige).

3. Sandböden, welche 10 bis 25, manchmal selbst 35% Silicatsandes haben (silicatreiche).

Die unveränderlichen Sandkörner bestehen aus Quarz, Glimmer; auch mancher Orthoklassand verwittert sehr schwer.

Veränderlicher Sand besteht aus Basalt-Augit, Hornblende-Oligoklas, Melaphyr-Dioritkörnchen.

Manche zersetzbare oder verwitterbare Sandkörner sind vor Verwitterung geschützt durch einen Ueberzug von Eisenoxydhydrat oder eine Kohlenrinde, und können sie erst nach Behandlung mit Salzsäure oder nach starkem Glühen bestimmt werden.

Eigentliche Sandböden sind solche Böden, deren Sand aus feinen Quarzkörnern besteht. Jeder Boden, welcher mehr als 75% Quarzsand enthält, fällt in diese Kategorie.

Der Sandboden hat im trockenen Zustande gar keine Cohärescenz und ist in solchem um so beweglicher, je feiner die Sandkörner sind. Beim Zusammendrücken in der Hand bildet er keine festen Ballen. Durch das Stampfen können keine Cylinder gebildet werden. Damit im Zusammenhange steht die leichte Bearbeitung, stehen leicht gebaute Geräthschaften. An und für sich darf er nicht so oft gelockert werden, da sonst die Feuchte rascher verloren geht und auch sein Humusgehalt schneller consumirt wird. Die capillare Sättigung mit Wasser ist sehr gering und unabhängig von der Grösse der Körner. Der Sandboden nimmt das Wasser zwar schnell auf, verbreitet es schnell, lässt es rasch durchfliessen oder nach oben verdunsten, weshalb er nicht leicht an Nässe leidet, aber durch seine Wasserarmuth den Pflanzenwuchs gefährdet. Die Winterfeuchte zusammenzuhalten, die Bodenoberfläche eben zu halten, die Samen tiefer unterzubringen — sind deshalb Culturmassregeln für Sandboden.

Die Sandböden erwärmen sich stark, wodurch das Austrocknen sehr gefördert wird; das ist umsomehr an mittägigen Hängen und bei dunkler Färbung des Bodens durch Eisen- und Humusgehalt der Fall. Diese stärkere Erwärmung fördert die Vegetation, die hier im Frühjahre früher erwacht und rascher abschliesst, was nicht nur von krautartigen, sondern auch von holzartigen Gewächsen gilt. Damit ist aber nicht gesagt, dass diese frühere Entwicklung immer eine üppige sei, im Gegentheile, die Culturen auf Sandboden leiden sehr oft an Misswachs, weil mit jenem höheren Grade der Erwärmung die Bodenfeuchte und der Vorrath an Nährstoffen nicht im Einklange stehen.

Das Absorptionsvermögen der Sandböden gegenüber der Kohlensäure und den wichtigsten Pflanzennährstoffen ist sehr gering; die Stoffe, welche löslich sind, werden im Sandboden, wenn derselbe mit Wasser gesättigt ist und dasselbe in die unteren Schichten abfliessen lässt, nicht zurückgehalten und bei starken Regen ausgewaschen. Oft sinken sie dann in Bodenschichten, welche den Wurzeln unzugänglich sind, und sind für die Felder verloren. Ein derartiger Verlust ist aber bei starken Düngungen am meisten zu besorgen, weshalb nur schwache Düngungen auf einmal, dafür aber öfter, gegeben werden müssen. Der Dünger wirkt in solchem Boden schnell, weshalb sandige Böden thätige Böden genannt werden. Weil die oberen Bodenschichten stärker und öfter abtrocknen, ist im Sandboden eine tiefere Unterbringung des Düngers angezeigt.

Wo sandiger Boden nur auf das Wasser der atmosphärischen Niederschläge angewiesen ist, da werden die Niederschlagsverhältnisse allein über seinen Werth entscheiden. In heissen, regenarmen Gegenden wird ein solcher Boden zur Wüste; je feuchter aber das Klima ist, um so ertragreicher kann ein solcher Boden sein. In Turin sieht man einen Boden mit 80% Sand noch als fruchtbar an, den man bei Paris als unfruchtbar bezeichnen würde. Turin hat aber eine jährliche Regenhöhe von 1200, Paris von nur 600 Millim. Auch in England kann ein Sandboden noch ertragsfähig sein, der beispielsweise in der ungarischen Ebene unfruchtbar wäre.

Futterpflanzen, insbesondere solche, welche auch während des Sommers wachsen sollen, sind auf solchen Böden wenig

ergiebig; Sommergetreide gedeiht weniger als Wintergetreide, weil ersteres mit seinem Wachsthum mehr in die Trockene des Sommers hineingeräth, dieses dagegen oft mit der angesammelten Winterfeuchte auslangt. Die Ernte hängt fast direct von der Menge der sommerlichen Regen ab; da diese nun so sehr schwankt, so sind Sandböden ausser ihrer geringen durchschnittlichen Fruchtbarkeit auch noch sehr unsicher, d. i. sie schwanken in ihren Erträgen bedeutend. Durch Bewässerung können sie aber oft sehr einträglich gemacht werden.

Lose Sandböden tragen von den Getreidearten meist nur Winterroggen, welcher in der Mark Brandenburg oft nur alle 3 bis 6 Jahre einmal auf das Feld kommt, während inzwischen eine karge Weide wächst. Die Cultur der Futterpflanzen (mit Ausnahme etwa des Schafschwingels und ähnlicher Gräser und des genügsamen Spörgels), des Buchweizens, der Lupinen, der Kartoffeln, ist sehr precär, daher auch die Erhaltung eines grösseren Viehstandes in Sandgegenden namhafte Schwierigkeiten bereitet.

Durch das Niederlegen zu Weide wird der lose Sandboden wieder gebundener; er setzt sich fester zusammen, wird von den Weidethieren festgetreten und die Weidepflanzen bereichern ihn allmälig an Humus. Besser wird immerhin jeder Sandboden, auch der loseste, durch den Wald gebunden und hat man schon an vielen Orten die traurige Erfahrung gemacht, dass nach Entwaldung solcher loser Sandböden derselbe sich in Bewegung setzt und die benachbarten Fluren mit Sand verschüttet. Nur ein Bepflanzen mit Kiefern, Pappeln und verschiedenen Sträuchern und Sandgräsern wird dann unter Aufwendung grosser Arbeit und bedeutender Mittel eine Bindung des Flugsandes wieder bewirken können.

Die Beimischung mehrerer Procente Thon, 6 bis 8%, bewirkt bei dem Sande eine wesentliche Erhöhung der Cohärescenz. Die Sandkörner, von den feinen Thontheilchen gleichsam eingehüllt, haften im feuchten Zustande besser aneinander, nehmen mehr Wasser auf und halten es länger zurück. Das Aufführen von Thon auf Sandböden wirkt daher vortheilhaft, was aber auch von einer Beimischung von Kalk und Humus gesagt werden kann.

Lehmiger Sandboden (mit 8 bis 15% Thon) stellt oft schon einen mittelmässigen Boden dar. Ausser Roggen als

Winterfrucht tritt da auch Sommergerste, Hafer auf; auch Kartoffeln sind schon ziemlich ertragreich; bei Tiefgründigkeit und bindendem Untergrund gedeiht zuweilen die Luzerne oder der Rothklee.

Sonst unterscheidet man noch:

a) thonige Sandböden;

b) mergelige Sandböden;

c) eisenschüssige Sandböden (erdige Theile aus ockerigem Eisenthon, auch aus pulverigem Eisenoxydhydrat bestehend);

d) humose oder kohlige Sandböden (deren erdige Theile aus fein vertheiltem Humus oder aus feiner Torfkohle bestehen).

Die Verbreitung der Sandböden ist im Allgemeinen eine sehr grosse; besonders ist der lehmige Sandboden ein sehr gemeiner; weniger häufig ist der lose Sandboden, endlich der Flugsandboden. Letzterer ist in Mitteleuropa nur seltener in vereinzelten Gegenden anzutreffen, so das grosse Flugsandfeld nördlich von Palánka bei Weisskirchen in Ungarn.

2. Der Thonboden.

Der Gegensatz des Sandbodens ist der Thonboden. Einen Boden, der nur aus reinem Thon bestünde (kieselsaures Thonerdehydrat) gibt es nicht; ein solcher Boden würde auch zur Pflanzenproduction vollkommen ungeeignet sein. Vielmehr sind Thonböden solche, in welchen der Thon zu mehr als 50% vorkommt.

Thonböden sind an ihrer Plasticität im feuchten, an ihren harten festen Schollen im trockenen Zustande zu erkennen; mit dem Fingernagel geritzt, zeigen sie einen glänzenden Strich; im feuchten Zustande fühlen sich diese Böden fettig an; trocken haften dieselben an der Zunge und lassen beim Anhauchen den eigenthümlichen Thongeruch wahrnehmen.

Da in Gesellschaft des Thones die mineralischen Pflanzennährstoffe ganz gewöhnlich in namhafter Menge anzutreffen sind, so pflegen gewöhnlich die Thonböden nicht arm zu sein, ja eine grosse Zahl der fruchtbarsten Böden sind Thonböden. Wenn dennoch Thonböden oft zu den geringsten zählen, so ist es nicht das chemische, sondern das physikalisch ungünstige Verhalten, das ihren Werth herabmindert.

Die Thonböden haben vor Allem eine grosse Consistenz; sie brauchen stärkere Geräthe, darunter schwere Walzen und Schollenbrecher, ferner stärkere und mehr Zugthiere. Der Grad der Feuchtigkeit, bei welchem der Boden bearbeitet werden soll, muss mit grosser Genauigkeit wahrgenommen werden, soll nicht der Boden auf lange Zeit hinaus ganz unbestellbar werden. Deshalb ist die Bewirthschaftung des Thonbodens weit kostspieliger und erfordert mehr Umsicht als die der leichteren Bodenarten. Trotz der schwierigeren und kostspieligeren Bearbeitung der Thonböden müssen dieselben dennoch öfter bearbeitet werden, weil ja nur hiedurch ein ausreichender Grad von Lockerheit hergestellt werden kann. Wenn man beim Sandboden erst für je 15 bis 25 Hektar ein Zugthier benöthigt, kann diese Fläche auf Thonböden herabgehen bis auf 7 Hektar. Aus diesem Grunde wird der Thonboden als ein schwerer, zäher, widerspänstiger, strenger, bindiger, gebundener bezeichnet.

Die Thonböden lassen das Wasser schwer eindringen; bei starken oder anhaltenden Regen sieht man das Wasser deshalb auf längere Zeit zwischen den Furchen stehen; sie sind aber im Stande, allmälig viel Wasser aufzunehmen. Sie lassen dasselbe nur langsam in tiefere Schichten versinken oder abdunsten, so dass sie oft lange Zeit feucht und nass bleiben. Die Bearbeitung des Bodens wird dadurch verzögert. Im Frühjahre kann die Vorbereitung zur Saat und der Anbau erst spät begonnen werden und muss im Herbste früher abgeschlossen sein. Aber auch im Sommer verursacht jeder ausgiebigere Regen eine Unterbrechung der Pflug- und Behackarbeiten auf Feldern mit solchem Boden. Diese Eigenschaften des Thonbodens können übrigens im trockenen Klima oder in einem trockenen Jahrgang sehr vortheilhafte sein, weil hiedurch eben die Gefahren der Sommerdürre oft ganz oder zum grössten Theile behoben oder vermieden werden. In kühlen feuchten Gegenden wird der Thonboden sehr leicht zu einem nassen, wassersüchtigen, kalten Boden, für welchen ein saugender Untergrund oder eine Drainage wünschenswerth ist.

Bei den Thonböden ist oft eine im Vergleiche zum Sandboden verhältnissmässig geringe Mächtigkeit im Stande, den Culturpflanzen Nährstoffe und Wasser in hinreichender Menge

darzubieten. Weil sich der Thonboden im Vergleiche zum Sandboden überhaupt weniger erwärmt, weil er dem Eintritt des Sauerstoffes in den Boden grössere Hindernisse entgegensetzt, weil er Feuchtigkeit oft im Uebermass besitzt, so ist er auch insofern ein träger Boden, als in ihm die Zersetzung des Stallmistes und aller organischen Reste und des Humus viel langsamer von statten geht. Stärkere Düngungen sind hier am Platze und seichtere Unterbringung, was auch von den Samen gilt. Sehr oft ist die reine Brache auf Thonböden nicht zu entbehren. Tiefcultur ist angezeigt; der Beetbau findet auf solchen Böden seine zweckmässigste Anwendung; die Herstellung einer rauhen Oberfläche vor Einbruch des Winters ist nicht ausser Acht zu lassen; die Frage der Entwässerung ist für ihn viel wichtiger als für jede andere Bodenart. Das Kalken, Mergeln äussert dadurch, dass Kalk und Mergel die Cohärescenz des Thonbodens vermindern, eine günstige Wirkung und werden die chemischen Zersetzungen der organischen Stoffe im Boden dadurch beschleunigt. Auch das Brennen wird zur Mürbung des zu festen Thonbodens angewendet.

Je nachdem alle diese Eigenschaften des Thonbodens mit den Factoren des Klimas und der Lage günstig oder im ungünstigen Sinne sich combiniren, kann ein Thonboden einmal von hoher Fruchtbarkeit, ein anderesmal völlig unfruchtbar sein.

Der strenge Thonboden (80 bis 90% Thongehalt) steht ähnlich wie der lose Sand an der Grenze der Culturfähigkeit; oft ist auf solchem nur Gras und Hafer fortzubringen und sind die Erträge überdies sehr gering; alle ungünstigen Eigenschaften des Thonbodens culminiren hier.

Gewöhnliche Thonböden (65 bis 80% Thongehalt). So wie die extreme Gebundenheit abnimmt, so mehrt sich die Zahl der Pflanzen, deren Cultur möglich wird. Weizen, Gerste, Kleearten, Ackerbohnen sind Pflanzen, welche auf den gewöhnlichen Thonböden oft schon recht hohe Erträge abwerfen können.

In den milden Thonböden (55 bis 65% Thongehalt) werden auch die meisten Hackfrüchte schon mit gutem Erfolge angebaut; Consistenz und wasserhaltende Kraft sind der Vegetation nicht mehr so ungünstig, wenn jene Eigenschaften auch einen bedeutenden Aufwand für Bewirthschaftung erfordern.

In den beiden letzteren, namentlich in der letzten Bodenclasse, sind oft die fruchtbarsten Bodenarten anzutreffen; der Futterbau pflegt da den Thieren eine gleichmässige Ernährung durch Grünfütterung zu sichern.

Thonböden kommen wohl beinahe in jeder Landschaft vor, aber im Ganzen bedecken sie beiweitem keine so grossen Flächen als wie jene Bodenarten, in welchen der Sand entschieden vorwiegt.

3. Der Lehmboden.

Der Lehmboden unterscheidet sich vom Thonboden durch einen grösseren Gehalt an Sand, welcher gewöhnlich auch gröber ist als im Thonboden; dadurch wird er beim Anfühlen mager, auch gibt er keinen glänzenden Strich; häufig ist er durch namhafte Mengen von Eisenoxyd gelb oder röthlich gefärbt. Lehm oder Löss gehört jüngeren Formationen an, während der Thon auch in älteren auftritt. Letten unterscheidet sich durch einen etwas schieferigen Bruch. Je nachdem der Lehmboden an der Grenze der Sand- oder Thonböden steht, kommt er ihnen in seinen Eigenschaften auch nahe.

Der sandige Lehm (20 bis 30% Thon) gehört schon zu den besseren Bodenarten, wenn das Klima nicht sehr trocken ist; in solchem Boden würde es im Sommer an Feuchte noch fehlen können, das Futter also nicht ganz sicher sein, während das Getreide in der Regel nicht versagt. Wenn er tiefgründig ist, können die meisten Culturpflanzen auf demselben angebaut werden.

Der milde (gewöhnliche) Lehm (30 bis 40% Thon) leidet bei einiger Tiefgründigkeit kaum mehr an Dürre und auch nicht leicht an Nässe. Er ist eine der besten Bodenarten, denn auf ihm können alle Culturpflanzen mit gutem Erfolge gebaut werden und die Erträge sind auch sicherer als auf Sandböden, auf sandigen Lehmböden und Thonböden. Dabei ist die Bearbeitung noch nicht beschwerlich; die Hackfrüchte finden deshalb auf demselben einen vorzüglichen Platz. Er gibt sehr hohe Roherträge, oft selbst die höchsten. Er wird wohl auch Mittelboden oder Normalboden genannt, weil er fast unter allen klimatischen Verhältnissen sehr günstige Erfolge zeigt.

Der strenge Lehm (40 bis 55% Thon) kann gleichfalls einen vortrefflichen Boden abgeben, aber die grössere Cohä-

rescenz und wasserhaltende Kraft setzt ihn oft schon etwas herab, wie er ja überhaupt schon die Eigenschaften des Thonbodens annäherungsweise an sich trägt.

Auch bei Lehmböden ist ein namhafter Kalk- und Humusgehalt als eine gute Eigenschaft anzusehen; wieder werden unter gleichen Verhältnissen die mergeligen und humosen Lehmböden den kalk- und humusarmen vorzuziehen sein.

Die Lehmböden, namentlich die sandigen, sind sehr gewöhnliche, in ausgedehnten Flächen vorkommend.

4. Die Mergel- und Kalkböden.

Wenn in den bisher betrachteten Bodenarten der Gehalt an kohlensaurem Kalk einschliesslich der kohlensauren Bittererde nur wenige Procente (etwa bis 10%) ausmacht — in welchem Falle man die Böden mergelig nennt — so enthalten die Kalk- und Mergelböden jene Carbonate in höherem Masse oder wohl ganz und gar überwiegend.

Unter Mergelboden versteht man ein inniges Gemenge von Thon und feinvertheiltem kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia, wozu allenfalls noch Sand treten kann; diese Erden sind das Verwitterungsproduct von Meeres-Ablagerungen, welche in älteren und jüngeren geologischen Formationen vorkommen. Für die Zwecke des Ackerbaues kann ein Mergel nur Bedeutung haben, wenn er in erdiger, also verwitterter Form vorhanden ist, oder wenn er wenigstens aus der Steinform in nicht zu langer Zeit zu Pulver zerfällt, in welch' letzterem Fall er als Dungmergel zur Verbesserung kalkarmer Bodenarten Verwendung findet. Die weitgehende Durchdringung des Thones mit äusserst fein vertheiltem Kalk bewirkt meist ein günstiges physikalisches Verhalten und auch in Bezug auf den Chemismus erweisen sich die Mergelböden häufig als reich und thätig. Je nach dem Verhältniss, in welchem Thon, Kalk und Sand in Mischung treten, gibt es verschiedene Mergel und Mergelböden: Thonmergelböden, Lehmmergelböden, Kalkmergelböden und Sandmergelböden. So kann in 100 Theilen enthalten:

	Kalk	Thon	Sand
der Thonmergelboden . . .	10—25	50—60	15—35
„ Lehmmergelboden . . .	25—50	35—50	20—40
„ Kalkmergelboden	50—75	20—35	5—15
„ Sandmergelboden	10—20	10—20	60—80

Thon- und Lehmmergelböden ähneln in ihren physikalischen Eigenschaften sehr den Thon- und Lehmböden. Die Cohärescenz und wasserhaltende Kraft sind aber geringer. Sie zerfliessen bei erfolgter Sättigung mit Wasser leicht zu einem Brei; dieser erhärtet beim Trocknen zu festen Krusten, die sich von der darunter befindlichen feuchteren Schichte leicht ablösen. Die Schollen sind ziemlich derb und fest, aber in abwechselnder Feuchte und Trockenheit werden sie mürbe und zerfallen, was eine Thonscholle nicht thut. Milder Thonmergelboden und gewöhnlicher Lehmmergelboden gehören mit zu den besten Bodenarten, immer vorausgesetzt, dass er auch mächtig genug ist, und dass Klima und Lage nicht ungünstig einwirken.

Sandmergelböden stehen den lehmigen Sandböden nahe; Kalkmergelböden ebenfalls. Beide sind dem Austrocknen schon in höherem Grade ausgesetzt; die Erträge, welche sie liefern, fallen deshalb geringer und unsicherer aus.

Die Zufuhr von Mergel und das Ueberstreuen des Bodens mit Mergel (Mergeln) ist eine sehr wichtige Massregel der Boden-Melioration, und zwar empfiehlt sie sich sowohl für zu leichte als zu schwere Bodenarten. Für die Verbesserung des leichten Sandbodens und des lehmigen Sandes wäre ein Thonmergel offenbar der geeignetste; für gebundene Böden wären wieder die Sandmergel, für kalkarme Böden die Kalkmergel von der günstigsten Wirkung. Ein solches Mergeln hat natürlich, indem es die physikalischen Eigenschaften zu leichter oder zu strenger Bodenarten mildert, eine nachhaltige Wirkung, die oft weit höher anzuschlagen ist als eine Düngung, weil ja diese nur zur Geltung gelangen kann, wenn die physikalischen Vorbedingungen des Bodens gegeben sind. Soll aber das Mergeln wirksam sein, so müssen ansehnliche Quantitäten aufgeführt werden. Wenn ein Sandboden nur 1·5% feiner Theile enthielte, der anzuwendende Mergel aber 90% und man wollte bis auf eine Tiefe von 20 Centimeter so viele feine Theile zuführen, dass der Boden nach dem Mergeln 10% solcher feiner Theile enthielte, so wäre dies eine ausserordentliche Leistung, die schon bedeutende Kosten erfordern würde. Denn auf 1 Hektar sind bis zu einer Tiefe von 20 Centimeter 2,000.000 Cubikdecimeter, mit 1·2 Kilogramm berechnet, 2,400.000 Kilogramm Erde;

davon machen 8·5% nicht weniger als 204000 Cubik-Decimeter = 204 Cubikmeter. Wenn ein Wagen 1·0 Cubikmeter führen könnte, wären dies 204 Wagenladungen. Es müsste also die Zufuhr eine sehr bequeme und nahe sein.

Der Kalkboden besteht aus einem Gemenge, und zwar in ungleichmässigen Mischungen, von wenigstens 75% Kalk, höchstens 20% Thon, meist 0·5 bis 2% kohlensaurer Magnesia und ausserdem mit einer grösseren oder kleineren Menge von Brocken und Sand von Kalk.

Kalkboden ist hell bis weiss gefärbt, im nassen Zustand wenig anklebend, nicht knetbar und formbar. Der Austrocknung ist er in höherem Grade ausgesetzt; er bewirkt eine rasche Zersetzung der Düngerarten, weshalb er öfters mit kleineren Mengen gedüngt werden muss. Je mehr sein Thongehalt zurücktritt, um so ärmer ist er an Alkalien. Wenn er auf seinem Muttergestein aufliegt, ist er meist flachgründig und der Austrocknung in um so höherem Grade ausgesetzt, je poröser das Muttergestein ist. Dieses saugt die Feuchtigkeit aus dem Boden, und zwar nicht blos bei Uebersättigung, sondern auch das capillar zurückgehaltene Wasser, weil seine capillare Leitungsfähigkeit eine energischere ist als die der Verwitterungsschicht. Aus diesem Grunde ist der Kreideboden selbst in feuchten Klimaten oft äusserst steril. Bei nicht ungünstiger Lage, einiger Tiefgründigkeit und ausreichender Feuchte ist er ein Hauptboden für Hülsenfrüchte.

Abarten sind:

a) Steiniger Kalkboden mit grösseren oder kleineren Stücken unverwitterter Kalksteine, mit Gerölle von Quarzarten, z. B. Feuersteinknollen; steriler Boden.

b) Sandiger Kalkboden mit 15 bis 20% Kalk- und Quarzsand; steril wie der vorige.

c) Lehmiger Kalkboden mit 30 bis 40% Lehm, locker, mässig feucht und warm. Mit 6 bis 10% Humus gehört er zu den fruchtbareren Bodenarten.

d) Thoniger Kalkboden mit 20 bis 40% Thon. Nähert sich in seinen Eigenschaften dem Thonboden und kann bei günstiger Lage, hinreichender Feuchte und mässigem Humusgehalt eine vorzügliche Ackerkrume geben.

Aus den letzteren Bemerkungen kann leicht der Schluss gezogen werden, wie ein wenig fruchtbarer Kalkboden durch Zufuhr von Humus und Thon in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften wesentlich verbessert werden kann.

5. Stein- und Salzböden.

Es ist nicht nöthig, besondere Classen für Steinböden oder steinige Böden aufzustellen, man wird vielmehr den Boden, der zwischen den Steinen sich befindet, angeben und den Antheil an grösseren Steinen durch ein adjectivisches Bestimmungswort ausdrücken, wie „steinig", „sehr steinig" oder „sehr grobsteinig". Genauer erfolgt die Bestimmung allerdings, wenn entweder nach dem Gewichte oder nach dem Volumen der Antheil der gröberen Steine und der Feinerde ausgedrückt wird.

Stets erschweren die Steine die Bearbeitung; sie vermindern den Wachsraum für die Wurzeln, ebenso den Wasservorrath, den der Boden bis zu einer bestimmten Tiefe zu fassen vermag; sie erhöhen die Erwärmung und Leitungsfähigkeit für die Wärme im Boden, was für nasse schwere Böden erwünscht sein mag, für heissgründige Böden um so nachtheiliger wird. Wo wenig Pflanzen auf einen grösseren Raum vertheilt sind, da hat die theilweise Bedeckung des Bodens mit grösseren plattenförmigen Gesteinsscherben weniger zu bedeuten, um so hinderlicher aber sind sie einem gleichförmigen Stande solcher Saaten, welche dichter stehen. In Weingärten mag die Oberfläche des Bodens ganz dicht mit Gesteinsbrocken und Steinschollen bedeckt sein, wenn nur in grösserer Tiefe Risse und Spalten mit feineren Verwitterungsproducten ausgefüllt sind oder überhaupt Feinerde sich vorfindet; dagegen werden Getreidepflanzen in ihrem Wachsthum durch eine solche Bodenbeschaffenheit sehr behindert.

Auch bei der Beurtheilung eines steinigen Bodens wird es darauf ankommen, zu ermitteln, ob die Gesteine der Verwitterung unterliegen, ob diese langsamer oder schneller von statten geht oder ob jene gänzlich und für alle Zeiten unverwittert bleiben. In vielen Fällen wird man sich durch wiederholte Ablese der gröberen Steine helfen. Wenn trotz der wiederholten Ablese dennoch immer wieder grobe Steine sich zeigen, so geschieht dies deshalb, weil die feineren Bodentheile

beim gelockerten Boden zwischen die unterhalb liegenden Steine hinabgeschwemmt werden und dadurch ein Theil der Steine wieder nackt zu liegen kommt; die feine Erde sackt sich eben zusammen, was mit den Steinen nicht der Fall ist.

Was die Salzböden anbelangt, so gibt es in den Tiefebenen mancher Länder oder in grösseren Mulden, aus welchen kein Abfluss stattfindet, solche Böden, welche einen grösseren Gehalt an Kochsalz oder kohlensaurem und schwefelsaurem Natron besitzen und dadurch aller Culturvegetation gegenüber sich feindselig verhalten. Man bezeichnet sie fälschlich als salniterhältige oder szickhältige (Széksó) und findet sich auf solchen Böden eine ganz eigenthümliche Vegetation ein, auf welche wir bei einer späteren Gelegenheit werden zu sprechen kommen. Es sind solche Böden in der Regel schwere, gebundene Böden, die das Wasser nur schwer durchlassen, einen undurchlässigen Untergrund besitzen, mit salzhältigem Wasser völlig gesättigt sind und das Salz beim Austrocknen aus den obersten Schichten effloresciren lassen, wo es sich an der Oberfläche nicht selten so reichlich ansammelt, dass es den Boden ganz weiss färbt, zusammengekehrt und gesammelt werden kann.

Ueber die Entstehung solcher Böden ist die richtigste Erklärung wohl jene, welche auf die Analogie hinweist, die in der salzigen Beschaffenheit des Meerwassers liegt. Es ist dieses salzig, weil es durch die Flüsse und Ströme fortwährend grosse Mengen Kochsalz, kohlensaures und schwefelsaures Natron zugeführt erhält, durch Verdunstung aber nur destillirtes Wasser abgibt, wodurch natürlich die Lösung immer concentrirter werden muss. Wenn sich nun irgendwo auf dem Festlande Mulden und Becken vorfinden, in welche wohl Wasser durch Bäche zugeführt wird, aber keines abfliessen kann, so muss offenbar der Salzgehalt solcher Strecken eine fortwährende Bereicherung erfahren, die um so auffälliger hervortritt, wenn der Boden von solchen Salzlösungen nichts in den Untergrund abfliessen lässt. Ein auffälliges Beispiel hiefür bietet das Salzwasser des todten Meeres und des Bodens seiner Umgebung; ähnlich das Becken des Neusiedler Sees und seine Umgebung, die oft auf grossen Strecken salzreichen Boden enthält; auch in der grossen ungarischen Ebene sind diese „salniterhältigen" Böden sehr häufig anzutreffen.

An den Meeresküsten versagt der dem Meere abgerungene und eingedeichte Boden anfänglich oft jede Ernte und fruchtbar gewordenes Erdreich wird an den Küsten nach erfolgter Ueberschwemmung mit Meerwasser wieder unfruchtbar. Den Landwirth der Küstengegenden muss deshalb die Frage über die Wirkung des Meerwassers auf das Culturland in hohem Grade interessiren. Reinders stellte Culturversuche theils in Töpfen, theils im Freien mit verschiedenen Bodenarten an, die vorher mit Meerwasser durchtränkt worden waren. Die Resultate waren solche, dass entweder gar kein Keimen der ausgesäeten Samen erfolgte oder die aufgegangenen Pflanzen äusserst kümmerlich wuchsen. Die Untersuchung solcher mit Meerwasser durchtränkten Böden ergab einen ansehnlichen Chlorgehalt, aber schon ein solcher von 0·25% und eine dieser Menge entsprechende Quantität von Natron und Magnesia machen den Boden unfruchtbar. Solch' unfruchtbarer Boden in einem durchlöcherten Kasten dem Aussüssen durch die natürlichen Niederschläge überlassen, zeigte bei einem anfänglichen Chlorgehalt von 0·21% der lufttrockenen Erde schon nach 7 Monaten einen solchen von nur 0·1%, nach einem Jahre von 0·06%; nach 1½ Jahren betrug der Chlorgehalt nur noch 0·01%, nach 2 Jahren 0·008% und nun bedeckte er sich mit allerlei Gräsern und Unkräutern.

Ein Nachtheil für das Wachsthum der Pflanzen in einem mit Meerwasser durchtränkt gewesenen Boden entsteht auch in Folge von Reductionen der Sulphate durch organische Stoffe, wobei lösliche Sulphide entstehen, welche mit Eisenoxyd oder anderen Eisenverbindungen im Boden das Einfach-Schwefeleisen bilden; trocknet der Boden so entsteht Ferrosulfat, welches das Wachsthum der Pflanzen sehr beeinträchtigt.

Als Mittel, die vom Meerwasser durchtränkten Böden wieder fruchtbar zu machen, wird Bewässerung und Drainirung, ferner seichte Bearbeitung des Bodens empfohlen. Kleegrasbau soll den Boden früher fruchtbar machen, als wenn er als gewöhnliches Ackerland benützt wird. Ob nicht vielleicht der Anbau der in solchen Böden üppig gedeihenden Chenopodium- und Atriplex-Arten den Salzgehalt rasch zu vermindern vermöchte, dies zu entscheiden, würde sich wohl für weitere Versuche sehr empfehlen. Auch in Centralasien hat die Be-

wässerung einen doppelten Zweck. Erstens soll dem Regenmangel im Sommer abgeholfen werden, zweitens soll der grosse Salzgehalt des Steppenlandes, welches in Acker- oder Gartenland umgewandelt worden ist, vermindert werden.

6. Der Humusboden.

Wir wollen der Aufzählung der verschiedenen Arten von Humusböden erst eine Zusammenstellung seiner allgemeinen Eigenschaften vorausgehen lassen.

Im ausgetrockneten Zustande bildet der Humus ein erdigpulveriges Aggregat, welches vermöge seines starken Kohlengehaltes zwar im Wasser ganz unlöslich ist, aber trotzdem mit grosser Begierde viel Wasser und Alles, was in demselben gelöst ist, aufsaugt und davon wie ein Schwamm aufquillt, dann aber zu einem breiartigen Schlamm zerfliesst, dessen Theile beim vollständigen Austrocknen sich so stark zusammenziehen, dass ihre Masse zuletzt in lauter ziemlich scharfkantige Stückchen mit muscheligem Bruche zerfällt. Wirkt der Frost auf dieses Aggregat ein, so lange es schlammig ist, so zerstäubt es beim späteren Aufthauen und Austrocknen zu Pulver und verhält sich fast wie solches von frischer ausgebrannter Kohle. Kommt solch' fein vertheilter Humus mit recht dünnem Lehm oder Thonschlamm in Mischung, so umhüllen sich die feinsten Partikelchen des Humus so innig mit Thonpartikelchen, dass eine grauschwarze Bodenmasse entsteht, welche beim allmäligen Austrocknen sich fein krümeln lässt, stets feucht und mürbe bleibt und in welcher der eingehüllte Humus nur sehr langsam sich zersetzt. Dieses Gemisch ist der Hauptbestandtheil der sogenannten Dammerde.

Die Ablagerungen von Humus im Boden finden sich in der Regel an der Oberfläche des Bodens, können aber auch schichtenweise in demselben auftreten, wenn der Boden, auf welchem sie sich angesammelt haben, von Zeit zu Zeit durch Wasserfluthen mit Mineralschutt bedeckt wurde.

Auf dem Ackerlande und dem Gartenlande ist der aus den Wurzeln, Stoppeln und dem Stallmist entstandene Humus mit der obersten Bodenschicht immer innig, wie in jeder Dammerde, gemengt, da ja jährlich wiederholt durch Spaten, Pflügen und andere Bearbeitung eine innige Mischung vor-

genommen wird. Im Walde findet sich über dem Mineralboden die mehr oder weniger mächtige Humusablagerung unvermischt vor. In jedem Laubholzwalde kann man in dieser Humus- oder Laubdecke drei Schichten unterscheiden, die in der Zersetzung ungleich weit vorgeschritten sind. Die oberste Schicht, durch den letztjährigen Blattabfall entstanden, ist erst in der Verwesung begriffen und noch hellbraun, mit ziemlich vollständig erhaltenen Blättern; darunter liegt die Schicht, welche aus dem vorjährigen Laubabfall entstanden ist, in voller Zersetzung begriffen, mit grossentheils zerstörten Blättern; unter dieser endlich findet sich eine Schicht, welche, grau- und braunschwarz, schon gar keine Structur der Blätter mehr erkennen lässt und selbst von den Blattstielen nur sehr undeutliche Reste enthält. Von der Erhaltung der Laubstreu, von der Beschattung und der Dichte des Bestandes, von der Bodentemperatur, seinen Feuchtigkeitsverhältnissen hängt es ab: ob im Walde sich eine schwächere oder stärkere Humusdecke ansammelt, welche unter günstigen Umständen und in alten Beständen wohl bis 1 Meter mächtig werden kann. Im Allgemeinen wäre es auch für das Gedeihen der Bäume besser, wenn die oberste Humusschicht mit den tieferen mineralischen Bodenschichten innig vermengt würde.

In vielen Bodenarten findet sich aber nicht nur solcher Humus vor, welcher sich aus pflanzlichen und thierischen Resten an Ort und Stelle gebildet hat und welcher als primärer Humus unterschieden werden könnte; vielmehr wird eine grosse Menge des feinvertheilten Humus durch das fliessende Wasser verschleppt. Dort, wo die grossen Ströme nur mehr träge dahinschleichen, da wird mit den feinsten Thon-, Sand- und Kalktheilchen auch eine beträchtliche Menge Humus abgesetzt; ebenso im Meeresschlick, welcher aus dem Meerwasser an den flachen Gestaden sich absetzt und die Bildung des Marschbodens, Marschlandes, Kleibodens bewirkt.

Reichliche Mengen sehr fein vertheilten Humus in solchem Marschlande geben nicht selten zur Bildung des Knickes und des Ortsteines Anlass, wenn nämlich ein solcher Boden in höherem Grade eisenschüssig ist. Verschliesst sich die Oberfläche solchen Bodens und ist dem Sauerstoff der Luft der Eintritt in die tieferen Schichten verwehrt, so entzieht der Humus dem

Eisenoxydhydrate einen Theil seines Sauerstoffes. So entsteht Eisenoxydul aus dem Eisenoxydhydrat, aus dem Humus dagegen Quellsäure, welche sich allsobald zu quellsaurem Eisenoxydul verbinden. Dies ist aber ein Salz, welches sich allmälig an allen Bodenpartikelchen absetzt. Wird nun bei nachfolgender Bearbeitung des Bodens die Sauerstoffzufuhr begünstigt, so wird das quellsaure Eisenoxydul zu Eisenoxydhydrat oxydirt, das alle Bodentheile fest miteinander verkittet und den verrufenen Ortstein veranlasst. In kalkreicheren Kleiböden wird diese Ortsteinbildung nicht bemerkt, wohl wegen der beschleunigten Zersetzung des Humus durch Kalk.

In Gebirgsthälern schwemmt das von den Bergwänden abfliessende Wasser gleichfalls an manchen Stellen, wo das Wasser nur sehr langsam fliesst, viele Humustheilchen zusammen, wodurch oft ausgedehnte Moore entstehen, deren hoher Humusgehalt kein primärer, sondern ein secundärer ist.

Während in allen bisher aufgeführten Bodenarten ein grösserer oder geringerer Humusgehalt vorkommen kann, der sie als humusarm, humos, humushaltig bezeichnen lässt, der aber gegenüber der Menge der mineralischen Bestandtheile immer weit zurücktritt, ist ein Humusboden ein solcher, welcher beim Glühen 30 bis 50% seiner Masse verliert. Im frischen Zustande riecht ein solcher moderig. Unter allen Boden-Arten hat er die höchste Wasser-Capacität und das geringste Volumen- und specifische Gewicht.

Zu solchen Humusböden sind zu rechnen:

1. Der Waldboden in seiner obersten Schicht. Je älter die Bäume werden, je weniger an Laubstreu und Holz dem Walde entnommen wird, um so mächtiger wird diese Humusschicht. Am reichlichsten findet sich dieselbe in den Urwäldern vor, in Buchten, die rings von Wald umschlossen sind und an deren tiefsten Stellen das Laub durch Wasser und Wind zusammengetragen wird.

2. Der Haidehumusboden ist eine aus der Verwesung des Haidekrautes *(Calluna vulgaris)* entstandene schwarzgraue, krümelige, aus kohligem Humus bestehende Masse, welche beim Verbrennen einen unangenehmen, talgartig riechenden Qualm verbreitet, sich in einer weingeistigen Lösung von Natron nur theilweise löst und nur unter Einfluss von Feuchtigkeit, Kalk

oder kohlensauren Alkalien (Asche) allmälig in besseren Humus übergeht; er bildet bis 0·5 Meter hohe Ablagerungen unter den Haidekrautbeständen; in den unteren Schichten mischt er sich mit dem gewöhnlich sandreichen Mineralboden und stellt in dieser Mischung einen kohlig humosen Sandboden dar.

Der Torfboden zeigt, je nachdem er ein Hochmoor oder Wiesenmoor überlagert, also aus verschiedenen Pflanzen entstanden ist, ein ziemlich verschiedenes Verhalten. Die Torferde der Hochmoore stellt gewöhnlich ein wie Sägespäne aussehendes weissgraues oder gelbbraunes Gemenge von abgestorbenen und zersetzten Sphagnum-Arten dar; die Erde des Wiesenmoores ist dagegen von tiefschwarzer Farbe, meist in der Zersetzung weiter vorgeschritten und daher auch dichter zusammengelagert. Hochmoorböden sind in ihren Aschen reich an Kieselsäure und Eisenoxyd, die Wiesenmoorasche dagegen ist meist kalkreich, daher sie die Zersetzung des Humus begünstigt. Immer lagern solche Torfböden auf undurchlässigen Thonschichten, wegen deren ja die Torfbildung eingetreten ist. Trockenlegung, Kalk- und Mergelzufuhr verbessern die Eigenschaften des Torfbodens wesentlich, was auch von der Zufuhr von Sand, Lehm und Thon gilt.

Die berühmten Schwarzerden verschiedener Länder enthalten zwar immer ansehnliche Mengen von Humus, aber doch nicht in solcher Menge, dass sie als eigentliche Humusböden angesprochen werden könnten. Herrmann fand in verschiedenen Cernozemproben Russlands: 10·4%, 8·6%, 8% Humus, Ilgenkow: 10·4%, 2·6%, 2·3%, 3·6%, woraus folgt, dass die Humussubstanz ausserordentlich fein vertheilt sein muss. Wenn sie in höherem Grade fruchtbar sind, so ist dies der Fall, weil sie auch, abgesehen von ihrem Humusgehalte, so zusammengesetzt sind, dass sie mit günstigen physikalischen Verhältnissen auch einen grösseren Vorrath an Pflanzennährstoffen vereinigen. Sie sind fast immer Lehm- oder Thonmergelböden oder mergelige Lehm- und Thonböden, haben eine grosse Mächtigkeit und erhalten oft die ausreichende Feuchtigkeit entweder durch Ueberfluthung oder durch capillare Leitung aus dem Grundwasser zugeführt.

DRITTER ABSCHNITT.

Botanische Boden-Classification.

Früher war man geneigt, anzunehmen, dass die chemische Zusammensetzung des Bodens in erster Linie das Vorkommen oder das Fehlen gewisser wildwachsender Pflanzen bedinge. Man sprach von bodensteten Pflanzen, welche ausschliesslich nur auf Thon oder Sand oder Kalk oder Humus vorkämen; von bodenholden, solchen, welche irgend eine Bodenart in auffälliger Weise vorzögen, während die bodenvagen auf allen Bodenarten eine nahezu gleichmässige Vertheilung zeigen sollten. Nachdem Thon und Sand (Quarzsand) sich bei der Ernährung der Pflanzen mit ihren Elementen gar nicht betheiligen und Kieselsäure und Thonerde überhaupt gar keine Pflanzennahrungsmittel sind, mussten sich gegenüber den sand- und thonsteten, sowie den sand- und thonholden Pflanzengruppen bald Bedenken geltend machen und zur Ansicht hinleiten, ob es denn nicht vielmehr die physikalischen Eigenschaften des Bodens seien, welche durch den grösseren Thon- und Sandgehalt in bestimmter Weise abgeändert, auch auf das Vorkommen und Gedeihen der wildwachsenden Pflanzen einen wesentlichen Einfluss nähmen? Die Richtigkeit dieser Ansicht ist gegenwärtig ausser allem Zweifel.

Die Pflanzen, welche man als thonstete oder thonholde bezeichnete, bewohnen an vielen Orten den Thonboden nur deshalb, weil sie hier die ihnen zusagenden Feuchtigkeitsverhältnisse, ebenso die Temperaturverhältnisse, die Cohärescenz des Bodens, u. s. w. in einer solchen Combination antreffen, wie sie ihnen am meisten zusagen. *Equisetum arvense,* der Schachtelhalm, z. B. wurde als eine thonholde Pflanze angeführt, weil sie in Thonböden mit undurchlassendem Untergrunde und stagnirendem, nahe an die Bodenoberfläche heraufreichendem Grundwasser am häufigsten und an manchen Orten ganz ausschliesslich vorkommt. Ebenso häufig kann man aber den Schachtelhalm auch in Sandböden antreffen, wenn diese nur von unten her feucht erhalten sind, ihrer tiefen Lage wegen auch von oben her viel Wasser zugeführt erhalten und eine undurchlassende Schicht von feinstem Sand den Wasservorrath

vor dem Versickern bewahrt. So findet man auch den Huflattig *(Tussilago farfara)* am häufigsten wohl auf Thonböden; wo aber wegen klimatischer Verhältnisse die Feuchtigkeit auch bei anderen Bodenarten eine reichliche ist und an einzelnen Oertlichkeiten noch ganz besondere Umstände die Erhaltung und Ansammlung der Feuchtigkeit im Boden begünstigen, da kann der Huflattig auch auf jedem anderen Boden reichlich vegetiren.

Ein völlig abweichendes physikalisches Gepräge haben die Sandböden und kommt es häufig vor, dass gerade die grosse Lockerheit, die hohe Erwärmungsfähigkeit, der geringe und schwankende Wassergehalt manchen Pflanzen, wie der *Digitaria sanguinalis* (Bluthirse), der *Pinus sylvestris* (gemeine Kiefer), der *Plantago arenaria* (Sand-Wegerich) u. a. besonders zusagt; aber es können derartige Verhältnisse an anderen Orten auch in einem humus- und kalkreichen Mergel- und Lehmboden sich wiederholen, wo dieselben Sandpflanzen noch besser gedeihen können, als auf den ihnen im Durchschnitt zukommenden charakteristischen Standorten.

Länger erhielt sich die Meinung, dass der Kalkgehalt des Bodens einen ganz besonderen Einfluss nähme auf das Vorkommen der kalksteten Pflanzen. Weil alle Pflanzen nicht unbeträchtliche Mengen von Kalk in ihrer Asche enthalten und ohne eine bestimmte Menge desselben überhaupt nicht zur Entwicklung gelangen können, so muss allerdings in jedem culturfähigen Boden ein Vorrath von Kalk vorhanden sein, und insoferne sind alle Pflanzen Kalkpflanzen, und zwar kalkstete, aber diesem Kalkbedarf wird schon durch geringe Mengen im Boden Genüge geleistet und 2 bis 5% an kohlensaurem Kalk sind hiefür weitaus hinreichend. Es fragt sich nun, ob ein beträchtlicher Ueberschuss über diesen Kalkgehalt des Bodens, ein solcher, der 15, 20, 50 und mehr Procente betragen kann, für manche Pflanzen unentbehrlich ist, die dann eigentlich erst mit Fug und Recht als kalkstete Pflanzen bezeichnet werden könnten? Man kann ohneweiters diese Frage verneinen, und zwar deshalb, weil jene Pflanzen, welche man, wie die Esparsette, den Wundklee, die österreichische Kiefer, die Mahalebkirsche u. a. als specifische Kalkpflanzen aufgezählt hatte, ganz vorzüglich in jedem anderen Boden gedeihen, der bei einem ausreichenden Kalkgehalte für die Ernährung dieser Pflanzen eben

jene physikalischen Eigenschaften in sich vereinigt, welche den Kalk- und Kalkmergelböden eigen zu sein pflegen. Schwer wiegt ferner auch ein anderer Gegengrund, nämlich, dass der Kalkgehalt der Aschen solcher Pflanzen, die auf einem sehr kalkreichen Boden erwachsen sind, gar nicht verschieden ist von jenem, welchen sie aus einem Boden mit 3, 5 bis 10% Kalkgehalt aufzunehmen im Stande sind. Es ist richtig, dass man Pflanzen unterscheiden kann, welche kalireiche, dann solche, welche kalkreiche Aschen besitzen, es wäre aber unrichtig und die Schlussfolgerung eine unvermittelte, wollte man voraussetzen, dass die an Kalk reicheren Pflanzen diese Mengen nur aus kalkreichen Böden oder eigentlichen Kalkböden aufzunehmen vermöchten. Sonach ist es auch hier wieder ein besonderes, specifisches physikalisches Verhalten, welches bei Kalk- und Mergelböden unter besonderen klimatischen Verhältnissen dem Wuchse mancher Pflanzen besonders günstig ist, ein Verhalten, welches sich unter einem anderen Klima in ähnlicher Weise auch bei anderen Bodenarten einstellen kann, wo dann dieselben Pflanzen, die nun ihren kalksteten und kalkholden Charakter verloren haben, sich auf einem Lehm-, oder milden Thon- oder lehmigen Sandboden ebenso wohl befinden können.

Statt hier einzelne Beispiele als Belege für kleinere Verhältnisse anzuführen, mögen die Ergebnisse einiger sehr interessanter Beobachtungen Mittheilung finden, welche Th. Fuchs auf seinen geologischen Reisen in Griechenland, der Türkei und in Italien über die Verbreitung der Mediterranflora zu machen Gelegenheit hatte.

Nicht überall nämlich ist in jenen Ländern und überhaupt an dem Küstensaum, der Europa gegen das mittelländische Meer abgrenzt, der Gegensatz zwischen der Mediterranflora und der Mitteleuropas scharf ausgesprochen. An vielen Orten findet man auf grossen Gebieten in den Wäldern fast genau nur die Bäume, welche man auch im Wienerwalde antrifft: *Quercus Cerris, Ulmus campestris, Alnus glutinosa, Corylus avellana, Fagus sylvatica, Carpinus betulus, Acer campestre, Pinus sylvestris, Populus alba* und *tremula, Sorbus torminalis;* von Gesträuchen: *Viburnum Opulus* und *lantana, Sambucus nigra, Ligustrum vulgare, Cornus sanguinea, Prunus spinosa, Rubus-* und *Rosa-*Arten u. s. w., während wieder oft ganz plötzlich und unver-

mittelt die Mediterranflora der Waldvegetation einen völlig verschiedenen Charakter verleiht. Nun herrschen plötzlich immergrüne Sträucher und Bäume vor. Der herrschende Waldbaum ist die immergrüne Eiche *(Quercus Ilex);* unter den immergrünen Sträuchern erscheint *Ilex aquifolium* (die Stechpalme), *Pistacia Lentiscus, Arbutus Unedo, Erica arborea* und *corsica,* Lorbeeren, Myrthen, Erdbeerbäume, Salbei, Lavendel und rosmarinartige Gewächse, kurz der ganze Typus der Vegetation ist ein völlig veränderter.

Der Vergleich beider Küsten des adriatischen Meeres zeigt diesen Unterschied sehr auffällig. Von Triest angefangen sind die Küsten Istriens und Dalmatiens allenthalben von immergrünen Bäumen und Sträuchen bedeckt, während die gegenüberliegende Küste Italiens bis weit hinab mitteleuropäische Vegetation trägt. Die Erklärung liegt einfach darin, dass die Küsten Istriens und Dalmatiens aus Kalkgebirge bestehen, die gegenüberliegende Küste Italiens aber aus pliocänen Sanden, sowie aus einem weithin streichenden Flyschzuge, der fast die gesammten nördlichen Apenninen zusammensetzt. Bei Neapel wird das Kalkgebirge von der Mediterranflora bedeckt, welche sich ununterbrochen bis Calabrien hinzieht; Calabrien, das blos aus granitischen Gesteinen besteht, trägt wieder die mitteleuropäischen sommergrünen Laubwälder. Auf Sardinien, das zum grössten Theile Granitberge besitzt, ist die Baumvegetation eine mitteleuropäische; sobald inselförmig alpine Kalksteine vorkommen, beginnt alsbald das Gebiet der Mediterranflora. Einen gleich auffälligen Gegensatz der mitteleuropäischen und der Mediterranflora fand Fuchs auch in Griechenland und in der Türkei.

Sonach würde der Schluss nahe liegen, die Ursache des Auftretens der immergrünen Pflanzen sei in dem grösseren Kalkgehalte des Bodens im Kalkgebirge zu suchen. Dennoch hat der Chemismus des Bodens bei diesen Erscheinungen nichts zu schaffen, denn in denselben Ländern tragen ja die Flyschbildungen durchaus mitteleuropäische Pflanzen. Nun ist im Flysch der Fucoidenmergel mächtig entwickelt, den die Geologen als einen Kalkstein bezeichnen und wird ja auch häufig dieser Mergel zur Darstellung von hydraulischem Kalk verwendet. Gleichwohl verhalten sich diese Mergel nach ihrer Verwitterung mit Bezug auf ihre physikalischen Eigenschaften ganz wie die

Thonschiefer, indem sie, ausserordentlich leicht verwitternd, einen tiefgründigen, wasserundurchlässigen Boden erzeugen, welcher auch trotz seines hohen Kalkgehaltes die Flora der Thonschiefer, der Glimmerschiefer, des Granites u. s. w. hervorbringt. Ein anderer Grund dafür, dass nicht der Kalkgehalt des Bodens die Mediterranflora bedinge, liegt in dem Umstande, dass die Azoren, Madeira und die canarischen Inseln eine der Mittelmeerflora sehr ähnliche Vegetation besitzen. Es kehren dort alle Genera wieder und auch ein grosser Theil der Species ist ganz identisch. Dennoch sind die genannten Inseln durchaus vulcanischen Ursprungs und würden, in höhere Breiten versetzt, mit einer mitteleuropäischen Flora sich bedecken. Daraus geht hervor, dass die Vertheilung der beiden Floren auf die beiden Gruppen von Bodenarten keineswegs überall stattfindet, sondern nur in einer gewissen intermediären Zone angetroffen wird. Ganz einfach lässt sich deshalb die ganze Erscheinung dahin definiren, dass die südliche Flora auf dem trockeneren und wärmeren Kalkboden weiter nach Norden vorrückt als auf dem feuchten Thonboden.

Was im Vorstehenden an einem grossartigen Beispiele gezeigt worden ist, das wiederholt sich im Einzelnen im grossen und kleinen Massstabe auch bei manchen landwirthschaftlichen Culturpflanzen und Unkräutern. Wenn an der nördlichen Verbreitungsgrenze des Weizens derselbe vorherrschend dort gebaut wird, wo der Boden einen grösseren Kalkgehalt besitzt, so geschieht dies nicht deshalb, weil etwa der Weizen in seinem Gedeihen an diesen Kalkgehalt gebunden wäre, sondern deshalb, weil in dem wärmeren kalkreichen Boden die rechtzeitige Reife besser gesichert ist. Das Gleiche gilt von den Leguminosen, welche, wie die Fisole, Kichererbse, Platterbse südlichen Ursprungs sind und in nördlichen Gegenden an der Grenze ihrer möglichen Verbreitung in einem Kalkboden weit sicherer zur völligen Reife gelangen, als in einem gebundenen Lehmboden oder gar in Thonböden; das ist auch der Grund, warum für gewisse Culturen Sandböden bevorzugt werden.

Die nachstehende Zusammenstellung enthält eine allerdings beschränkte Anzahl von solchen Pflanzenarten, welche in Mitteleuropa zumeist auf gewissen Bodenarten vorzukommen pflegen.

Flora des Urgebirges oder des Lehm- und Thonbodens	Flora des Kalkgebirges oder der Kalkböden	Flora der Sandsteine und des Sandbodens	Flora des Humusbodens	Flora des Torf- und Moorbodens
Holcus mollis *Carex dioica* *Scirpus ovatus* *Betula nana* *Rumex aquatilis* *Tussilago farfara* *Cirsium heterophyllum* *Ajuga pyramidalis* *Digitalis lanata* *Lysimachia thyrsifol.* *Ledum palustre* *Cicuta virosa* *Ribes grossularia* *Viola palustris* *Alchemilla arvensis* *Spiraea salicifolia* *Trifolium spadiceum*	*Sesleria coerulea* *Molinia serotina* *Festuca ovina glauca* *Allium acutangulum* *Iris pumila* *Taxus baccata* *Pinus austriaca* *Cirsium eriophorum* *Jurinea mollis* *Crepis aurea* *Gentiana pannonica* *Seseli glaucum* *Adonis vernalis* *Aquilegia vulgaris* *Evonymus latifolius* „ *verrucosus* *Onobrychis sativa* *Coronilla coronata* *Medicago prostrata*	*Poa bulbosa* *Digitalis sanguinalis* *Avena tenuis* *Anthericum liliago* *Pinus sylvestris* *Populus* *Plantago arenaria* *Spergula arvensis* *Arenaria rubra* *Artemisia scoparia* *Xeranthemum annuum* *Onosma arenarium* *Turgenia latifolia* *Reseda Phyteuma*	*Poa annua* *Urtica urens* *Atriplex hortensis* *Chenopodium album* *Chenopodium Bonus Henricus* *Datura stramonium* *Hyosciamus niger* *Solanum nigrum* *Cannabis sativa* *Geranium Robertianum* *Verbena officinalis* *Fumaria officinalis* *Chelidonium majus*	In Hochmooren: *Sphagnum*-Arten und *Ericaceen.* In Wiesenmooren: *Molinia coerulea, Agrostis stolonifera, Alopecurus geniculatus, Calamagrostis epigeios, Glyceria fluitans, Nardus stricta, Carex-, Scirpus-, Eriophorum-, Schoenus-, Juncus-, Cyperus*-Arten. *Iris pseudacorus, Orchis latifolia, laxiflora, Salix repens, Valeriana dioica, Cirsium palustre, Stachys palustris, Hottonia pal., Euphorbia pal., Cardamine amara, Potentilla anserina, Potentilla supina, Trifolium fragiferum, Melilotus dentata.*

Es ist kein Zweifel, dass man in dem Falle, als man die Flora des feuchten, des trockenen, des kaltnassen, des warmen, des festen und lockeren Bodens zusammenstellen wollte, ungefähr die gleichen Arten wieder zusammenfinden würde, daher diese Pflanzen allerdings eine genauere Angabe über die Beschaffenheit des Standortes geben, welchen sie bewohnen, jedoch weniger über seinen Chemismus und seine vorherrschenden Bestandtheile als vielmehr über seine physikalischen Eigenschaften. Insoferne ist die Kenntniss der wildwachsenden Pflanzen für den Landwirth zur besseren Erkenntniss seines Bodens von grossem Werthe; beispielsweise findet sich eine ganz bestimmte Gesellschaft von Pflanzen auf den trockenen, oder frischen oder nassen und sumpfigen Wiesen zusammen; ebenso gruppiren sich die vorherrschenden Feld-Unkräuter, nach der Beschaffenheit des Bodens in verschiedener Weise, indem sie z. B. als tiefwurzelnde Unkräuter auch die Bonitirung des Bodens in den tieferen Schichten desselben vornehmen lassen, indem sie zu erkennen geben, ob stagnirendes Wasser im Untergrunde nahe an der Oberfläche vorhanden ist, ob sich derselbe wenig oder fest zusammensackt u. s. w. Mit Einem Worte: der Botaniker ist durch den Vergleich der verschiedenen wildwachsenden Pflanzen, welche er auf den Culturländereien antrifft, recht wohl im Stande, sich ein Urtheil über die ungefähre Eignung des Bodens für die verschiedenen Culturpflanzen zu bilden, ohne dass er irgend eine anderweitige Untersuchung vorgenommen hätte. Die Ergebnisse anderweitiger Untersuchungen des Bodens in chemischer und physikalischer Beziehung werden aber durch derartige botanische Untersuchungen wesentlich ergänzt und unterstützt.

Wenn auch die Mehrzahl der Bodenarten nicht deshalb von gewissen Pflanzen bewohnt wird, weil dieser oder jener Bodenbestandtheil in überwiegender Menge in demselben vorhanden ist, so gilt diese Wahrnehmung doch nicht ganz allgemein, indem es allerdings für den Salzboden charakteristische Pflanzen gibt, die nur seines Salzgehaltes wegen auf ihm vorkommen, und völlig verschwinden, wenn derselbe fehlt, auch dann, wenn alle übrigen Wachsthumsbedingungen unverändert bleiben. Es sind dies die den Salzboden bewohnenden Halophyten, die sich dort ansiedeln und gedeihen, wo Kochsalz

oder kohlensaures oder schwefelsaures Natron den Boden in concentrirteren Lösungen durchtränkt.

Es sind dies insbesondere folgende: *Glyceria distans, Crypsis aculeata, Triticum cristatum, Hordeum maritimum, Carex divisa, Cyperus pannonicus, Juncus tenageia, Chenopodium rubrum, Salicornia herb., Aster trifolium, Schoberia maritima, Artemisia maritima, Lepidium crassifolium, Spergularia marina.*

So wie die wildwachsenden Pflanzen manche Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Beschaffenheit des Bodens liefern, so gilt dies auch von den Culturgewächsen. Nicht als würde aus dem häufigeren Anbau des Weizens auf einen grösseren Kalkgehalt des Bodens, bei vorherrschendem Roggenbau auf einen reichlichen Sandgehalt, bei ausgedehntem Anbau der Pferdebohnen auf den Thongehalt des Bodens geschlossen werden können, sondern insoferne, als man aus dem Vorherrschen der einen oder anderen Fruchtart auf die Beschaffenheit des Bodens im Allgemeinen, aus dem spärlichen oder üppigen Stand der Feldfrüchte auf seine Leistungsfähigkeit und seine Fruchtbarkeit schliessen kann. Freilich kann ein und derselbe Boden in verschiedenen Jahrgängen von ein und derselben Frucht sehr verschiedene Ernten liefern und können sich diese wie 1 zu 2, zu 3 und mehr verhalten, wenn einerseits Parasiten oder Insecten, schlechte Ueberwinterung, das Ueberwuchern der Unkräuter, Mangel an Nahrung oder Feuchte einen Misswachs herbeiführten, andererseits diese Schädlichkeiten sich nicht eingestellt haben, wohl aber durch sorgfältige Bestellung die Unkräuter ferngehalten worden sind und durch ausgiebige Düngung für eine reichliche Ernährung der Pflanzen Sorge getragen worden ist. Gestalten sich unter solchen Umständen die Witterungsverhältnisse günstig, so ergeben sich die Maximalernten, deren ein Boden überhaupt fähig ist. Weil sich solche Extreme nur in mehr- oder vieljährigen Perioden einmal einzufinden pflegen, so kann aus dem üppigeren Stande und aus einer Vergleichung mit anderweitig gemachten Wahrnehmungen allerdings in der Mehrzahl der Fälle auf die Fruchtbarkeit des Bodens geschlossen werden und wird dies sowohl auf dem Felde, als im Garten und auf der Wiese und Weide möglich sein.

Ziemlich sicher wird auch die Beschaffenheit des Bodens durch das Vorkommen und das Alter der meisten kleeartigen Futterpflanzen angedeutet. Wo Luzerne gut gedeiht, da kann man immer auf einen tiefgründigen Boden schliessen, denn ihr gewöhnlicher Standort ist ein tiefanhaltender Lehmboden mit einigem Kalkgehalt. Das gute Gedeihen der Esparsette, der Möhren, Runkeln u. s. w. bonitirt insbesondere die Beschaffenheit der unteren Schichten, da hauptsächlich von diesen die später erfolgende kräftige und vollkommene Entwicklung der Pflanzen abhängt.

Die Bäume erreichen ein weit höheres Alter als die Feldfrüchte, sie zeigen also an, wie es ihnen im Verlaufe ihres ganzen Lebensalters, also im Durchschnitt vieler Jahre ergangen ist. Aber man würde sich oft sehr täuschen, wenn man einen guten Baumwuchs immer als eine sichere Anzeige eines guten Bodens annehmen möchte, weil ja die Bäume vorzüglich auf die unteren Schichten angewiesen sind und die obere Bodenschicht dabei auch eine ganz geringe Beschaffenheit haben kann. Immerhin werden Eichen, wenn sie auch noch in höherem Alter einen kräftigen Wuchs zeigen, auch einen landwirthschaftlich fruchtbaren Boden anzeigen; Kiefern finden sich oft an mageren, gewöhnlich sandreichen Standorten; Buche, Tanne, Fichte, Lärche gedeihen auf frischem Lehmboden am besten; es entscheidet aber gewöhnlich ein gewisser Grad der Feuchte mehr als die Bodenmischung; so sind Weiden und Erlen auf feuchten, selbst nassen Böden zu Hause.

VIERTER ABSCHNITT.

Oekonomische Bodenclassification.

Sobald der Rohertrag oder Reinertrag als Eintheilungsgrund für die Bodenclassification angenommen wird, beruht das System blos auf ökonomischer Grundlage, denn es muss dann vorkommen, dass in einer und derselben Classe Bodenarten vereinigt werden, deren chemisches und physikalisches Verhalten sehr verschieden ist; oder eine und dieselbe Bodenart kann durch Unterschiede in der Mächtigkeit, im Untergrund, der

Lage, in klimatischen, insbesondere Niederschlagsverhältnissen in mehrere ökonomische Classen eingereiht werden. Wir berühren hier blos die ökonomischen Bodenclassificationen nach dem Rohertrage, nachdem jene nach dem Reinertrage die Auseinandersetzung von dem Ineinandergreifen sämmtlicher wirthschaftlichen Betriebsfactoren erfordert, die aber schon in das Gebiet der Betriebslehre gehört.

Die Beurtheilung des Bodens nach dem Rohertrage.

Bei der Classification des Bodens nach dem Rohertrage werden die verschiedenen Bodenclassen nach der Menge der Früchte gebildet, welche geerntet werden. Manche Systeme nehmen zur Bildung ihrer Classen die Ertragsfähigkeit der gewöhnlichen Getreidearten, andere die Ertragsfähigkeit der gewöhnlichen Futterpflanzen als Massstab für die Vergleichung.

Ein Vortheil dieser Classifications-Methode besteht jedenfalls darin, dass man im Ertrag den kürzesten Ausdruck aller Fruchtbarkeitsbedingungen des Bodens gegeben findet. Nachdem es nicht möglich ist, eine Formel aufzustellen, in welcher die Werthe für die einzelnen Wachsthumsfactoren in bestimmten Zahlengrössen eingesetzt und die unbekannte Grösse, der zu erwartende Ertrag, abgeleitet werden könnte, bleibt nichts übrig, als die Erfahrung über die erzielten Ernten direct oder indirect zu Grunde zu legen.

Es werden daher die Rechnungsbücher zu Rathe zu ziehen sein, vorausgesetzt, dass die Körnererträge nicht nur für das gesammte Gut, sondern im Detail für die einzelnen Fruchtfolgen und gesondert für die einzelnen Feldabtheilungen eingetragen sind. Es müssten aber solche Daten über vieljährige Ernten vorliegen. Sind selbe nur von wenig Jahren bekannt, so können sich dieselben vom Mittel mehr weniger entfernen. Auch können solche Angaben über die Production als Werthmesser der Fruchtbarkeit des Bodens nur dann benützt werden, wenn die Bewirthschaftungsweise eine vollkommen gleiche ist, also alle Factoren, sowohl die Wachsthums- wie die wirthschaftlichen Factoren übereinstimmen. Aber auch die ersteren sind nur für beschränkte Gebiete die gleichen; die letzteren, wie die Art der Düngung und Bodenbearbeitung, Aussaat-Zeit und Pflege sind oft sehr verschieden.

Fehlt ein solcher wichtiger Behelf, so kann man sich über die Ertragsfähigkeit des Bodens annähernd orientiren, wenn Angaben über die Erträge gleicher Böden in derselben Gegend zu erhalten sind. Wer oft Gelegenheit gehabt hat, durch wiederholte Vergleichung einer concreten Bodenbeschaffenheit mit den Erfolgen der Vegetation das Urtheil zu üben, der wird unter Zuhilfenahme aller chemisch-physikalischen und botanischen Merkmale mit ziemlicher Sicherheit auch dann den Werth des Bodens und seine Tauglichkeit für die verschiedenen Culturen aussprechen können, wenn der Boden ganz von Pflanzenwuchs entblösst sein sollte. Der augenblickliche Stand der Feldfrüchte, so trügerisch er auch in manchen Jahren sein kann, ist immerhin mit zu Rathe zu ziehen.

Die Nachtheile der ökonomischen Bodenclassification bestehen darin, dass diese Art der Bodenclassification keine allgemeine Anwendbarkeit insolange hat, als nur eine bestimmte Gruppe von Culturpflanzen und ihre Erträge als Massstab für die Fruchtbarkeit des Bodens benützt werden. So z. B. werden die Getreidearten nicht überall gebaut, und doch sind solchen ökonomischen Bodenclassificationen hauptsächlich die vier Getreidearten zu Grunde gelegt. Bei allgemeinerer Anwendung müsste demnach diese Methode der Beurtheilung des Bodens eine Erweiterung erfahren, indem man seine Fruchtbarkeit gegenüber allen wichtigeren Culturpflanzen, welche er nach den klimatischen Verhältnissen tragen könnte, berücksichtigt. Es wird dies aber, weil nur Behelfe und Ausweise über Erträge vorliegen, welche von Pflanzen, die wirklich gebaut werden, gewonnen worden sind, nur ausnahmsweise vollständig erreicht werden können; diese Art der Bodenclassification bleibt daher immer eine unvollständige und einseitige.

Ein Nachtheil dieser Bodenclassification ist auch der Umstand, dass ein und derselbe Boden von gleicher physikalischer Beschaffenheit verschiedenen Bodenclassen zugetheilt wird, wodurch die Uebersichtlichkeit verloren geht. Auch ist es möglich, dass ein Boden, der vielleicht nach dem Getreide-Classifications-System als sehr fruchtbar angesetzt werden müsste, in einem Futter-Classificationssystem verhältnissmässig als viel geringer beurtheilt werden müsste, oder dass dies auch umgekehrt der Fall sein könnte, weshalb man wohl auch versucht hat, beide

Systeme zu vereinigen. Als ein Beispiel einer solchen ökonomischen Bodenclassification möge jene vorgeführt werden, welche Pabst nach dem Ertrage der vier gewöhnlichen Getreidearten (umgerechnet in Hektoliter pro Hektar) aufgestellt hat.

	Weizen	Roggen	Gerste	Hafer
1. Sehr guter Niederungs Weizenboden	32—38	32—38	36—43	45—53
2. „ „ Niederungs-Gerstenboden	?	26—34	32—40	36—47
3. Weizenboden I. Classe	26—32	26—32	32—38	38—47
4. „ II. „	19—24	21—25	26—30	30—36
5. Gerstenboden I. „	21—26	26—32	30—34	32—38
6. „ II. „	15—19	19—26	24—28	26—30
7. Weizenboden III. „	17—19	17—21	19—24	24—28
8. Gerstenboden III. „	—	15—19	17—21	17—23
9. Weizenboden IV. „	13—15	13—17	—	17—21
10. Haferboden I. „	—	13—15	13—15	17—21
11. „ II. „	—	9—11	—	13—17
12. Roggenboden I. „	—	11—13	11—13	13—15
13. Mooriger Haferboden	—	6—10	—	15—19
14. Ganz geringer, zäher, nasser Haferboden III. Classe	—	—	—	13—15
15. Roggenboden II. Classe	—	8—10	—	—
16. „ III. „	—	6—7	—	—

Es sind hier im Ganzen 16 Classen, je 3 für Gerste und Roggen, für Weizen 4, Hafer 2 aufgestellt; für Weizen und Gerste erscheint noch je eine Vorzugsclasse, und zwar für tiefgründiges reiches Alluvium; ebenso sind für moorigen und nassen Haferboden noch zwei besondere Classen eingeschaltet. Dieselben sind so angeordnet worden, dass die besseren Classen, mögen sie wie immer benannt sein, vorangestellt sind und die geringeren nachfolgen.

1. Weizenboden ist im Sinne dieses Systems ein solcher Boden, der überhaupt noch sicher für Wintergetreide ist, und mit mehr Vortheil und Sicherheit Weizen als Roggen trägt. Es ist dies in der Regel ein gebundener Boden und gehören hieher die Thonböden und stärkeren Lehmböden. Der gute Weizenboden trägt mit gutem Erfolge: Gerste, Hafer, Bohnen, Raps, Klee, Luzerne, Rüben, Kartoffeln u. s. w.; der schlechte ausser Weizen noch Spelz, Roggen und Hafer.

2. Sobald der Boden für Gerste sich besonders gut eignet, während er als Winterfrucht auch Weizen und Roggen gut trägt, so wird er zum Gerstenboden gezählt. Hieher gehören milde, leichte mergelige oder sandige Lehmböden, welche weder

in Lage noch Untergrund fehlerhaft sind; ferner der humose feucht gelegene Sand- und der mildere Kalkboden. Auf dem besseren Gerstenboden, dem eigentlichen Mittelboden gedeihen die meisten landwirthschaftlichen Culturgewächse.

3. Zum Haferboden gehört das zwischen dem Gersten- und Roggenboden stehende Land, namentlich der geringere sandige Lehm und lehmige Sand, welcher wegen ungünstiger Lage, Mangel an Nährstoffen, oder wegen anderer Fehler Gerste nicht mehr mit Sicherheit, wohl aber noch Hafer als Sommerfrucht befriedigend lohnt. Hieher gehören noch andere fehlerhafte Bodenarten, die zur Winterfrucht entweder gar nicht geeignet sind oder solche doch nur mit geringem Erfolge tragen. Solche Bodenarten sind Moor- und Torfböden, eisenschüssige, steinige, der Nässe unterliegende Böden u. s. w. Man kann daher gewöhnliche Haferböden unterscheiden, welche zwischen Gerste- und Roggenboden stehen, und moorigen, ferner nassen Haferboden.

4. Roggenboden. In diese Abtheilung fallen alle Böden von einer solchen sandigen Beschaffenheit, dass nur der Roggen als Hauptfrucht dafür passt, wenn auch der bessere Theil unter günstigen Verhältnissen noch Hirse und Hafer und zuweilen selbst Gerste producirt. Auch der geringere sehr lose Kalk- und Kreideboden gehört hieher. Der bessere Roggenboden ist besonders noch zum Anbau von Kartoffeln und Rüben, der geringere, ausser für Roggen noch für Buchweizen, Lupinen, Spörgel und zur Schafweide geeignet.

Ein Nachtheil der Darstellung wie sie in vorstehender Tabelle ersichtlich gemacht ist, besteht darin, dass die Erträge nur in Hektolitern verglichen sind. Würde der Ertrag in Gewicht zur Vergleichung gelangen, so würde es sich, wie dies bei einer früheren Gelegenheit hervorgehoben worden ist, zeigen, dass ein und derselbe Boden von den verschiedenen Körnerfrüchten nahezu gleiche Mengen hervorbringt. Erfolgte die Beurtheilung des Bodens nur nach der Grösse seiner Production an Trockensubstanz, so brauchte man bei einer Aufstellung von Rohertragsclassen für Körnerfrüchte zwischen den einzelnen Getreidearten gar nicht zu unterscheiden, sondern hätte nur Abstufungen nach dem Gewichte vorzunehmen. In dieser Beziehung könnten, wenn die zur Wahrnehmung ge-

langten höchsten und niedrigsten Erträge als Ausgangspunkte benützt würden, folgende 15 Classen aufgestellt werden, wobei aber ausdrücklich zu bemerken ist, dass die Einreihung irgend eines Bodens in irgend eine dieser Classen nicht nach den Erfahrungen eines Jahres oder einiger weniger Jahre, sondern nach einem mindestens 10 bis 15jährigen Durchschnitte erfolgen müsste.

Solche Rohertragsclassen für Körnerfrüchte sind von Professor Hecke aufgestellt worden („Statist. Monatsschrift" 1878, 4. Heft).

I.	Classe	32 und mehr	metr.	Ctr. Körner pro Hektar
II.	„	30—32	metr.	Centner
III.	„	28—30	„	„
IV.	„	26—28	„	„
V.	„	24—26	„	„
VI.	„	22—24	„	„
VII.	„	20—22	„	„
VIII.	„	18—20	„	„
IX.	„	16—18	„	„
X.	„	14—16	„	„
XI.	„	12—14	„	„
XII.	„	10—12	„	„
XIII.	„	8—10	„	„
XIV.	„	6—8	„	„
XV.	„	4—6	„	„

Sollten die Erträge noch tiefer sinken, dann ist überhaupt der Boden nicht mehr lohnend für Feldculturen, dann könnte derselbe nur noch als natürliches Grasland oder als Waldland cultivirt werden.

Schönleuthner's Classification nach dem Rohertrage bei Futterpflanzen.

Bei dieser Eintheilung wird zwischen kleefähigem und nicht kleefähigem Boden unterschieden; in der ersten Gruppe werden sechs, in der zweiten drei Classen aufgestellt.

A. Kleefähig.

I. Ausgezeichneter Luzerneboden. Humoser, tiefgründiger, kalkhaltiger Schwemmboden, milder, mergeliger tiefer Lehmboden; Luzerne langjährig, vier Schnitte mit bis 100 metr. Centner Ertrag.

II. Guter Luzerneboden. Derselbe Boden, aber geringere Mächtigkeit, grössere Gebundenheit oder Lockerheit oder geringere Lage. Die Luzerne dauert nur 4 bis 6 Jahre aus, gibt drei Schnitte und bis 70 Centner.

III. Vorzüglicher Rothkleeboden. Kräftiger Lehm- oder Thonboden, tiefgründig, gute Lage, mehr feucht als I und II., daher dem Rothklee mehr zusagend; Ertrag bis 75 Centner.

IV. Guter Rothkleeboden. Minder tief, zähe, kalkarm; bei feuchter Lage von lockerer, bei trockener von bindigerer Beschaffenheit; bis 55 Centner Ertrag.

V. Guter Esparsetteboden. Für Rothklee nicht mehr passend; kalkreich, locker, tiefgründig, trockene Krume; gibt bis 40 Centner in zwei Schnitten.

VI. Geringer Esparsetteboden. Aehnlich wie V, aber seichter, trockener, kalkarm; 18 bis 20 Centner Ertrag.

B. Nicht kleefähig.

VII. Nasse Böden, Sumpf-, Moor-, Torfboden.

VIII. Moor-, Torfböden, trockengelegt; Flugsand, loser Sand.

IX. Seichtgründige flache Böden mit felsigem oder sonst gänzlich undurchlässigem Untergrunde.

Es ist ganz zweckmässig die früheren Rohertragsclassen dadurch noch schärfer zu charakterisiren, dass man ihre Eignung für den Futterbau ausdrückt, was etwa mit folgenden Bezeichnungen geschehen könnte (Professor Hecke a. a. O.):

a) graswüchsig,
b) rothkleefähig,
c) luzernefähig,
d) esparsettefähig,
e) nicht klee- und graswüchsig.

Aber auch die Beschaffenheit nach den physikalischen Eigenschaften und nach seinen Gemengtheilen kann zum Ausdruck gelangen durch folgende Bezeichnungen:

α) streng,
β) gebunden,
γ) mild,
δ) leicht,
ε) überhumos moorig,
ζ) mergelig, kalkig u. s. w.

So könnte beispielsweise die vervollständigte Charakteristik eines Bodens mit Benützung der Rohertragsclassen nach dem Gewichte und der Bezeichnung für die Kleefähigkeit und die physisch-chemische Beschaffenheit des Bodens folgendermassen gegeben werden:

$$\text{VI b } \beta \text{ oder XI } \frac{a + b}{2} \alpha$$

$$\text{oder X } \frac{c + e}{2} \gamma \text{ oder XII e } \delta \text{ u. s. w.}$$

FÜNFTER ABSCHNITT.

Allgemeine Classification des Bodens auf Grundlage aller Merkmale.

Ein Verfahren, welches von den bisher angeführten beträchtlich abweicht und als ein combinirtes, anscheinend alle Vorzüge der übrigen in sich vereinigend, bezeichnet werden kann, ist das von Birnbaum und Pfannstiel empfohlene; es wird nämlich von denselben angerathen, die verschiedenen Momente, welche auf die Ertragsfähigkeit des Bodens einen Einfluss nehmen, durch Ziffern auszudrücken und diese zu summiren. Birnbaum bemerkt hierüber: „Ist die erforderliche Zahl von Momenten gegeben, und sind die Abstufungen für dieselben so richtig als möglich bezeichnet, dann repräsentirt jedes Moment ein besonderes Classifications-Schema und die gesammte Classification besteht in der Zusammenzählung von ebensoviel einzelnen Classificationen, als Momente gewählt wurden."

Als solche Momente bezeichnet Birnbaum:

1. Die Mächtigkeit von 10 bis 1 absteigend; von vielen Metern bis 5 bis 8 Centimeter,
2. den Untergrund,
3. Cohärescenzverhältnisse,
4. Bearbeitungsfähigkeit,
5. Absorptionsverhältnisse,
6. Feuchtigkeit und Wärme,

7. Mischung der Gemengtheile,
8. Vorrath an Nährstoffen,
9. Culturzustand,
10. Hauptfrüchte, die gebaut werden können,

für welche Momente je nach günstigem oder ungünstigem Verhalten, gleichfalls Stufen von 10 abwärts bis 1 gebildet werden.

Hat irgend ein Boden für alle Momente die höchste Ziffer, so gäbe dies die Summe 100 und könnten 10 Bodenclassen aufgestellt werden wie folgt:

I.	Classe	= 100
II.	„	= 90
III.	„	= 80
IV.	„	= 70
V.	„	= 60
VI.	„	= 50
VII.	„	= 40
VIII.	„	= 30
IX.	„	= 20
X.	„	= 10

Zwischenclassen würden sich ergeben, wenn die Ziffern oder Punkte für die Beurtheilungsmomente mit ihren Summen zwischen 100, 90, 80 u. s. w. fallen würden, so dass im Ganzen 100 Abstufungen für die Bewerthung des Bodens gegeben wären.

Diese Methode ist aber nicht im Stande, zu sicheren Ergebnissen zu führen —, nicht blos deshalb, weil nicht alle Momente, z. B. Klima und Lage, berücksichtigt worden sind, denn diese Ergänzung könnte ja leicht vorgenommen werden; auch nicht deshalb, weil die verschiedenen Momente, die doch nicht gleichen Einfluss auf die Fruchtbarkeit des Bodens nehmen, mit gleichen Werthziffern bedacht werden, denn man könnte auch in dieser Richtung die Bezifferung modificiren; sondern deshalb, weil manche Momente, die in einem Falle günstig sich erweisen, in einem anderen Falle sich ungünstig darstellen, aus einem positiven Werthe selbst in einen negativen übergehen können. Ein undurchlässiger Untergrund, der niedrig taxirt wird, kann unter gewissen Verhältnissen sehr werthvoll sein; die Mächtigkeit der Ackerkrume wird in keinem directen Verhältnisse zur Fruchtbarkeit stehen, da sich wohl denken lässt, dass eine Ackerkrume, die beispielsweise nur 85 Centimeter tief ist, genau dieselben hohen Erträge abwerfen kann, als wie Böden derselben Beschaffenheit, welche bis in eine Tiefe von vielen Metern anhalten; auch die Mischung der Gemengtheile ist als Gradmesser der Fruchtbarkeit des Bodens schwer aufzustellen, ebenso ist der Vorrath von Nährstoffen im

Boden schwer zu schätzen, oder wenn er selbst bekannt ist, als Massstab der Fruchtbarkeit zu verwerthen. Es ist deshalb diese Art der Bodenclassification als eine schwer erreichbare Ziele sich vorsetzende Nachahmung von Werthschätzungs-Methoden anzusehen, bei welchen, wie bei der Beurtheilung eines Rindes, alle Eigenschaften durch die Wage und das Messband leicht ermittelt und auch die Leistungsfähigkeit durch Arbeit und Production an Fleisch, Milch u. s. w. ganz genau erhoben werden kann.

An dieser Methode wird nichts Wesentliches geändert, wenn man auch nur für ein engeres klimatisches Gebiet eine solche Werthscala aufstellt, andere Beurtheilungsmomente mitberücksichtigt und deren Einfluss durch andere Ziffernwerthe auszudrücken sucht. So hat Krafft z. B. folgende Beurtheilungsmomente berücksichtigt und folgende Ziffernwerthe zu Grunde gelegt:

	Ziffernwerthe
1. Bodenart	1—25
2. Mächtigkeit der Ackerkrume	1—10
3. Untergrund	1—15
4. Humusgehalt	1— 5
5. Neigung	1— 5
6. Bearbeitungsfähigkeit	1— 5
7. Wasserfassende Kraft	1—10
8. Lage	1— 5
9. Hauptfrüchte	1—10
10. Cultur- und Düngungszustand	1—10

so dass der Gesammtwerth des ertragreichsten Bodens gleichfalls durch 100 ausgedrückt wäre. Auch hier ist die Auswahl der Momente eine willkürliche, ebenso die Werthscala der Ziffern; es berechtigt aber gar nichts zu solchen willkürlichen Annahmen, da kein Einflussmoment für sich allein beurtheilt werden kann, vielmehr alle gleichzeitig einwirken, sich gegenseitig unterstützen, steigern oder auch schwächen, aufheben u. s. w.

Fassen wir schliesslich Alles, was über die Bodenclassification gesagt worden ist, zusammen, so kommen wir zu dem Ergebniss, dass man den Werth des Bodens zwar von verschiedenen Gesichtspunkten beurtheilen kann, vom mineralogisch-geognostischen, physikalisch-chemischen, botanischen und pflanzenbaulichen, dass aber jeder einzelne für sich angewendet,

nur einseitige, unsichere Resultate ergibt. Zur vollständigen Erkenntniss des Bodens muss eben eine Untersuchung seiner Eigenschaften und Leistungsfähigkeit nach allen Richtungen platzgreifen, wodurch sich auch die Frage erledigt, welches System der Bodenclassification als das beste angesehen werden kann. Die Antwort, die hierauf gegeben werden muss, ist die, dass keine derselben für sich allein genügt, dass sie vielmehr erst dann ein verlässliches Urtheil gewinnen lassen, wenn alle zusammen gleichmässige Berücksichtigung finden. So wenig als es gelingt, die an einem bestimmten Beobachtungsort in unseren Breiten jeweilig auftretenden Winde, den augenblicklichen Temperaturgrad und Barometerstand, Feuchtigkeitsgehalt der Luft u. s. w. aus allgemeinen Naturgesetzen mathematisch abzuleiten und zu beweisen, dass es nur so und so geschehen musste, ebensowenig, ja noch viel weniger wird man die Factoren, die bei der Fruchtbarkeit eines Bodens und seiner jährlichen Production sich geltend machen, in einer Formel auszudrücken und zu berechnen vermögen. Es bleibt nur übrig, ein volles Verständniss für die massgebenden Factoren zu gewinnen und den Endeffect ihres Zusammenwirkens annähernd zu beurtheilen.

VIERTES HAUPTSTÜCK.

Der praktische Vorgang bei der Bonitirung des Bodens.

Wir wollen schliesslich den gesammten Vorgang der Untersuchung eines bestimmten Bodens in übersichtlicher Weise zusammenfassen. Vorarbeiten für die genauere Beurtheilung des Werthes eines Bodens sind Ermittlungen über das Klima und die Lage eines Ortes. Von den klimatischen Wachsthumsfactoren verlangt namentlich die Wärme und die Regen-Vertheilung, die herrschende Windrichtung, die Insolation, die Feuchtigkeit der Luft eine eingehendere Berücksichtigung; bezüglich der Lage ist ausser der geographischen Länge und Breite, der Seehöhe, dem Neigungswinkel auch die Exposition gegen eine bestimmte Himmelsgegend zu ermitteln.

Bezüglich der mineralogisch-geognostischen Verhältnisse ist vor Allem zu ermitteln, ob man es mit einem primitiven Boden zu thun hat, der auf seinem Muttergestein ruht, oder ob der Boden ein verschwemmter, secundärer ist. Im ersteren Falle ist die Formation und das Formationsglied zu bestimmen, welchem das Muttergestein angehört; in letzterem Falle ist zu erwägen, aus welchen Gebirgen, aus welchem Quellen- und Flussgebiete die Anschwemmung stattgefunden und in welcher geologischen Periode dieselbe sich gebildet hat. Bei einem Urboden wird das Stadium der Verwitterung, die Mächtigkeit der völlig verwitterten Ackerkrume, werden die Uebergänge der Verwitterung bis zum völlig unveränderten Muttergestein wahrzunehmen sein; bei einem Schwemmboden wird auf die Lagerungsverhältnisse und die Schichtung Rücksicht zu nehmen sein, ob nämlich die Beschaffenheit der obersten Bodenschichten sich nach unten fortsetzt oder verschiedene Schichten von mehr oder weniger abweichendem Charakter auftreten, die entweder unvermittelt oder allmälig ineinander übergehen.

Der Boden kann auf grossen Strecken ganz gleichförmig beschaffen sein oder es kann die Beschaffenheit sowohl des Ober- wie Untergrundes schon auf kleinen Flächen gleich einer wahren Musterkarte variiren. Es ist begreiflich, dass man hienach zur Beurtheilung der Qualität des Bodens einer bestimmten Fläche entweder nur einige wenige Proben zu untersuchen braucht, oder dass an mehr oder weniger zahlreichen Stellen des Feldes, der Wiese, des Waldes u. s. w. Bodenproben einzusammeln sind. Im letzteren Falle ist es am besten, die ganze zu untersuchende Bodenfläche mit einem Netz von Quadraten zu bedecken und an jedem Netzpunkte aus verschiedener Tiefe Proben der zu untersuchenden Erde zu entnehmen. Nach der Grösse der zu bonitirenden Fläche und nach der verlangten Genauigkeit können von einem Hektar an 10, 5 Stellen oder auch nur an einer einzigen Erdproben aus dem Obergrunde und dem Untergrunde entnommen werden. Ebenso wird es von dem Zwecke der Bodenuntersuchung und der Gründlichkeit der Untersuchung abhängen, ob der Boden nur auf 0·5 oder auf 1·0 oder 1·5 Meter Tiefe bonitirt werden soll.

Entweder wird nach ausgestecktem Netze an den Kreuzungspunkten der Linien ein entsprechend tiefes Loch mit dem

Spaten ausgehoben, was übrigens viel Arbeit erfordert und an den geöffneten Stellen eine später am Pflanzenwuchse erkennbare Ungleichförmigkeit der bonitirten Felder bedingt; oder, was ungleich bequemer und billiger ist, man bedient sich hiebei eines Bodenbohrers. Der Boden- oder Erdbohrer kann auch durch das sogenannte amerikanische Locheisen, ein sehr einfaches und leicht zu handhabendes Instrument, in ganz vorzüglicher Weise ersetzt werden; in geeigneter Weise adaptirt, lassen sich mit Hilfe dieses Geräthes Erdproben selbst bis zu einer Tiefe von über 1 Meter heraufholen.

Bei der Entnahme der Proben ist an jeder Stelle zu notiren:

a) Die Mächtigkeit der einzelnen Schichten.

b) Sonstige makroskopische Wahrnehmungen über die Festigkeitsverhältnisse, das Vorkommen von feinerem und gröberem Sand und Steinen, über die Färbung der Schichten, welche entweder durch den grösseren Humusgehalt, den Eisen- oder Kalkgehalt bedingt sein kann. Die Cohärescenzverhältnisse werden sich schon vorläufig an Ort und Stelle durch's Zerdrücken trockener und halbfeuchter oder feuchter Schollen annähernd beurtheilen lassen; die Salzsäureprobe wird den Kalkgehalt verrathen; der Geruch wird erkennen lassen, ob man es mit einem Thon-, Moor- oder Torfboden zu thun hat. Es ist angezeigt, die Wahrnehmungen an jeder Stelle, wo ein Probeloch geöffnet wird, in eine Uebersicht einzutragen, wo für alle die zu erforschenden makroskopischen Merkmale eine Spalte eröffnet ist.

c) Aus dem Obergrunde nimmt man die Probe aus einer Tiefe von 8 bis 20 Centimeter; aus dem Untergrunde dort, wo er seine charakteristische Beschaffenheit am deutlichsten ausgeprägt besitzt. Wären im Untergrunde ganz nahe beisammen verschiedene Schichten vorhanden, so müsste von jeder eine besondere Probe genommen werden. Hätte man nun beispielsweise von irgend einer Parcelle an 10 bis 30 Stellen Proben aus dem Obergrunde und dem Untergrunde genommen, so ist es nicht nothwendig, jede gesondert in allen Richtungen zu untersuchen; man wird vielmehr durch Vermischung sämmtlicher Proben aus dem Obergrunde und aller Proben aus dem Untergrunde Durchschnittsproben herstellen. Es ist aber diese

Vereinfachung der Untersuchung nur dann gestattet, wenn die Proben nicht zu sehr von einander abweichen, widrigenfalls nur die dem äusseren Ansehen nach gleichförmigen zusammengemischt werden dürfen. Es muss hierauf auch im Vormerk, der über die ganze Aufnahme geführt wird, die erforderliche Andeutung gegeben werden. Wenn aus jeder zu untersuchenden Schicht des Probeloches $^1/_4$ bis $^1/_2$ Kilogramm Erde als Muster mitgenommen wird, ist dies Ausmass wohl für alle Untersuchungen genügend.

d) An Ort und Stelle wird auch Näheres über den Pflanzenwuchs notirt, sowohl bezüglich der wildwachsenden, wie bezüglich des Standes und der Entwicklung der Culturpflanzen; namentlich ist es von Interesse, zu erfahren, ob die Wurzeln bis zu einer grösseren Tiefe in den Boden hinabreichen.

Im Laboratorium wird dann die genauere Untersuchung der gewonnenen Durchschnittsproben ausgeführt. Zunächst schreitet man an die Ausführung der mechanischen Analyse, bei welcher man in folgender Weise vorgeht.

Eine Probe von 200 bis 500 Gramm ist zur Ermittlung des Gewichtsantheils des Bodenskelets und der Feinerde zu verwenden. Dieselbe wird auf ein Sieb mit 0·5 Millimeter grossen Löchern gebracht und mittelst eines steifen Pinsels so lange mit Wasser abgerührt, bis dasselbe ganz rein abläuft. Das Skelet, getrocknet und mit dem Gewicht der lufttrockenen verwendeten Bodenprobe verglichen, lässt den procentischen Gewichtsantheil des Bodenskelets berechnen. Um eine Durchschnittsprobe der Feinerde zu bekommen, wird aus der gesammten Durchschnittsprobe, welche untersucht werden soll, mittelst des genannten Siebes eine grössere Menge von Feinerde (mehrere Kilogramm) abgesiebt, gut vermengt und für die einzelnen Untersuchungen aufbewahrt. Aber auch von der gut durchmischten Bodenprobe, die noch das Skelet einschliesst, wird ein grösserer Vorrath (mehrere Kilogramm) für die späteren Untersuchungen aufbewahrt.

Mit einer Durchschnittsprobe der Feinerde wird nun eine Schlämmprobe vorgenommen und kann das Ausmass dieser Durchschnittsprobe 30 bis 50 Gramm betragen. Dieselbe wird mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und so lange

gekocht, bis alle Bröckchen und Krümelchen in die einzelnen Bodenpartikelchen zerfallen sind, wozu $^1/_2$ oder 1 Stunde genügt und nur ausnahmsweise ein längerer Zeitraum erforderlich ist.

Der einfachste Schlämmapparat ist der Kühn'sche. Derselbe ist 28 Centim. hoch, 8·5 Centim. weit; 5 Centimeter über dem Boden befindet sich ein Tubus mit einem Hahn. Der Cylinder wird mit dem Brei und mit Wasser nahe bis zum Rande gefüllt und gut umgerührt. Nachdem die gröberen und schwereren Bodenpartikelchen durch 5 Minuten zum Absitzen gebracht wurden, lässt man das über dem Tubus stehende Wasser ab; nach Füllung des Cylinders mit frischem Wasser, nach wiederholtem Umrühren und einer gleichlangen Pause des ruhigen Absitzens wird das Wasser wieder abgelassen, dann neuerdings aufgefüllt und setzt man diese Operationen so lange fort, bis das Wasser, welches über dem Bodensatze im Schlämmapparate steht, nach 5 Minuten ganz klar geworden ist. Der Bodensatz wird getrocknet und kann durch feine Siebe noch in mehrere Glieder getrennt werden; das Feinste, welches mit dem Waschwasser aus dem Schlämmcylinder abgelaufen ist, kann entweder auf einem Filter gesammelt und gewogen oder aus der Gewichtsdifferenz zwischen der verwendeten Probe und dem Bodensatze im Schlämmcylinder berechnet werden.

Complicirter ist der Schlämmcylinder von Bennigsen, welcher in gleichen Abständen von je 10 Centimeter 4 Tubulaturen besitzt, die durch Hähne geschlossen und geöffnet werden können. Indem man zuerst den obersten Tubus einsetzt, die übrigen Oeffnungen des Gefässes aber mit Korken verschliesst und nun wie mit dem Kühn'schen Schlämmcylinder verfährt, erhält man aus dem obersten Abschnitt der Röhre nach jedesmaligem Warten von 5 Minuten das Feinste. Es wird so lange fortgefahren, bis nach 5 Minuten das Wasser im obersten Abschnitt der Röhre ganz klar geworden ist. Nun wird der zweite Tubus eingesetzt und in derselben Weise verfahren, was hierauf auch mit dem dritten und endlich mit dem vierten Tubus zu geschehen hat. Dabei wird das Feinste, welches der Kühn'sche Apparat nur als ein Glied gewinnen lässt, in vier Glieder getrennt. Uebrigens kann auch der getrocknete Bodensatz des Schlämmcylinders noch in mehrere Glieder durch Siebe getrennt werden.

Die beiden genannten Apparate sind Sedimentir-Apparate und kommt es beim Gebrauche derselben, wenn übereinstimmende Resultate erhalten werden wollen, darauf an, dass einmal das Aufwirbeln des Schlammes immer in gleicher Weise erfolgte, dann, dass stets eine gleichlange Pause zum Absetzen des Gröberen eingehalten werde.

Anders eingerichtet sind die Spülapparate, welche durch das in fliessender Bewegung befindliche Wasser die gröberen und feineren Bodenbestandtheile sortiren. Einer der vollkommeneren Apparate dieser Art ist der Nöbel'sche Schlämmapparat. Er besteht der Hauptsache nach aus vier trichterfömigen mit gebogenen Glasröhren verbundenen Flaschen, deren Volumina sich wie die Zahlen 1 : 8 : 27 : 64 verhalten und durch welche eine bestimmte Menge Wasser (9 Liter) innerhalb einer bestimmten Zeit durchgeleitet werden kann. Die durch Kochen vorbereitete Erdprobe wird in das Gefäss Nr. 2 gebracht; hierauf werden sämmtliche Gefässe mit Wasser gefüllt, die Verbindungen hergestellt und das Schlämmen kann beginnen. Vor Beginn des Versuches muss die Ausflussmenge aus dem Zuleitungsgefässe schon so regulirt worden sein, dass in 40 Minuten eben 9 Liter abfliessen. Das aus dem grössten Trichter abfliessende Wasser, das sorgfältig aufgefangen wird, hat die feinsten Erdtheile mitgenommen; im grössten Gefäss bleibt das weniger Feine, im zweitgrössten Gefässe das Gröbere, im drittgrössten Gefässe das Gröbste zurück. Aus den Gefässen bringt man den Rückstand auf Filter; in gleicher Weise wird auch die feinste Erde, welche mit den 9 Litern Wasser abgeflossen ist, auf einem Filter gesammelt und im trockenen Zustande gewogen. Man hat somit die Feinerde mit Hilfe des Nöbel'schen Schlämmapparates in vier Glieder zerlegt.

Solcher Spülapparate sind noch mehrere, und zwar noch complicirtere in Verwendung gekommen, doch wird für praktische Zwecke der Kühn'sche Schlämmapparat vollkommen entsprechen.

Bei der mechanischen Analyse kann sowohl das Skelet als auch die Feinerde in eine grössere oder geringere Anzahl von Gliedern zerlegt werden. Wenn zum Skelet alle Sandkörner und Steinchen gehören, welche einen Durchmesser von

0·5 Millimeter besitzen, zur Feinerde alle jene, welche kleiner sind: so würde für die weitere Sortirung des Skelets und der Feinerde eine solche in je fünf Glieder wohl ausreichen, um eine genaue Vorstellung von der mechanischen Structur des Bodens zu geben.

Der mechanischen Analyse schliessen sich die Untersuchungen über die physikalischen Eigenschaften an, wobei zu bemerken ist, dass diese Untersuchungen, wenn sie nur mit der Feinerde vorgenommen werden, keine richtige Vorstellung von den wirklichen Verhältnissen geben können, daher die Bestimmungen doppelt zu machen sind — mit einer Durchschnittsprobe des zu untersuchenden Bodens überhaupt und mit einer Durchschnittsprobe der Feinerde. Diese Ermittlungen sind der Reihe nach:

1. Bestimmung des specifischen Gewichtes,
2. Bestimmung des Volum-Gewichtes,
3. absolute und relative Festigkeit als Massstab für die Cohärescenz-Verhältnisse,
4. Volumenveränderung beim Austrocknen,
5. Wasser-Capacität,
6. Durchlässigkeit,
7. capillares Leitungsvermögen,
8. specifische Wärme,
9. Erwärmung und Wärmeleitung,
10. Absorptionsvermögen gegenüber Wassergas und Salzlösungen.

Leicht zu ergänzen sind solche Untersuchungen ferner noch durch die Bestimmung des Gehaltes an Humus und an alkalischen Erden.

Man hat versucht, die Hauptergebnisse der Bodenuntersuchungen in Bodenkarten ersichtlich zu machen und ist namentlich in neuerer Zeit die agronomische Bodenkartirung durch Bennigsen-Förder, durch Orth und Andere sehr gefördert worden.

Ein früher angewendetes Verfahren bestand darin, dass man in Bodenkarten die Flächen, auf welchen verschiedene Bodenarten vorhanden waren, mit verschiedenen Farben anlegte. Entweder färbte man auf den Situationsplänen die ganze einer Bodenart zugehörende Fläche mit einer bestimmten Farbe oder

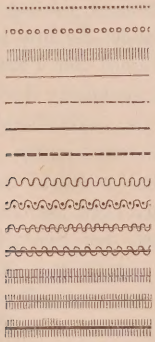
man beschränkte sich wohl auch darauf, wie dies auf colorirten Landkarten geschieht, mit der betreffenden Farbe blos die Parcellen zu umsäumen. Auch wurde der Vorschlag gemacht, es möge durch die verschiedene Breite der Farbensäume die Mächtigkeit der Ackerkrume angedeutet werden. Auch könne man durch verschiedene Schraffirungszeichen die Beschaffenheit des Untergrundes, durch Punktirung einen saugenden oder durchlässigen, durch parallel gezogene feine oder gröbere Linien einen mehr oder weniger undurchlässigen Untergrund andeuten. Allein eine solche Art der Darstellung ist eine viel zu oberflächliche, als dass sie für die Zwecke des Landwirthes ausreichend wäre.

Dr. Albert Orth ist in seiner sehr schätzbaren Arbeit: „Die geognostisch-agronomische Kartirung, mit besonderer Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse Norddeutschlands und der Mark Brandenburg" näher an den Gegenstand herangetreten, wobei nur zu bedauern ist, dass, weil diese Arbeit mit besonderer Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse Norddeutschlands und der Mark Brandenburg unternommen worden ist, sie auch vorzugsweise nur einen localen Werth beanspruchen kann, ohne unmittelbar dem Bedürfnisse aller Landwirthe dienstbar zu sein. Orth legt mit Recht ein Hauptgewicht auf die Ersichtlichmachung aller Bodenschichten, welche überhaupt noch von den Wurzeln erreicht werden können und bedient er sich hiebei der Profilmethode. So sind seiner kleinen Karte (Verjüngungsverhältniss 1 : 25.000) der Feldmark Rittergut Friedrichsfelde bei Berlin, deren genaueste Bodenbonitirung er selbst vornahm, nicht weniger als zwölf Bodenprofile beigefügt, welche je zwei bis vier Bodenschichten bis zu einer Tiefe von 1·5 Meter enthalten. Jedem Profil entspricht eine typische Darstellung im Grundriss, bei welcher einerseits der Farbenton, andererseits die Art der Schraffirung durch Punkte, durch horizontale, verticale, schräge, sich kreuzende Linien oder andere Zeichen verschieden beschaffen ist. Untersucht man nun den Grundriss, so wird die Färbung und besondere Schraffirung einer Parcelle auf ein bestimmtes Profil hinweisen; letzteres muss daher mit berücksichtigt werden, es sei denn, dass die Combinationen der Darstellung im Grundriss und im Profil dem Gedächtnisse sicher eingeprägt sind,

was aber bei der grossen Mannigfaltigkeit derselben wol eine zu schwere Aufgabe wäre. Der Atlas zu Orth's geognostisch-agronomischer Kartirung enthält auch eine Karte desselben Rittergutes in einem grösseren Massstab (1 : 5000). Auch auf dieser bezieht sich der Farbenton und die Schraffirung jeder Parcelle auf ein bestimmtes Profil von zwei bis drei übereinanderliegenden Schichten, ohne dass indessen durch diese Schraffirung zugleich auch eine bestimmte Mächtigkeit der Einzelnschichten ausgedrückt würde.

Für die übersichtliche Darstellung der Bodenverhältnisse eines Gutes habe ich eine andere Methode in Vorschlag gebracht, bei welcher es nicht nur darauf ankäme, dass die Hauptbodenarten der Ackerkrume: Sand, Gerölle, Kalk, Lehm, eisenschüssiger Lehm, Thon, eisenschüssiger Thon, ferner humusreicher Sand, kalkreicher Sand, kalkreicher Lehm und kalkreicher Thon ersichtlich gemacht werden könnten, sondern auch die verschiedenen Schichten mit ihrer jeweiligen Mächtigkeit auf einen Blick zu ersehen wären. Die Schraffirungszeichen, welche zur Bezeichnung dieser Bodenarten dienen sollen, können ganz willkürlich gewählt, müssten aber, einmal angenommen, auch consequent beibehalten werden.

Für die angeführten Bodenarten habe ich folgende charakteristische Zeichen in Vorschlag gebracht:



Durch diese Zeichen wird die Beschaffenheit einer jeden einzelnen Schicht ersichtlich gemacht werden können, und zwar nicht nur einer einzelnen, sondern beliebig vieler übereinander befindlicher, und wird dabei nur nothwendig sein,

dass für die untersuchte Stelle die entsprechenden Schraffirungszeichen knapp untereinander in der Karte eingetragen werden.

Aber die Karte soll nicht nur die Beschaffenheit der einzelnen Schichten, sondern auch zugleich ihre Mächtigkeit genau andeuten. Dies wird erreicht werden, wenn die Länge der Schraffirungszeichen entsprechend der Mächtigkeit der Schicht wechselt, z. B. einer Stärke der Schicht von 0·1 Meter, eine Länge der Schraffirung von 1 Millimeter entspricht.

Es wird sich empfehlen, nur an den in die Bodenkarte übertragenen Netzpunkten die vorhin beschriebenen Schraffirungszeichen anzubringen; sie sollen ja mit den directen Wahrnehmungen im völligen Einklang stehen. Auch brauchen sie die Fläche nicht über und über zu bedecken, damit auch noch andere wichtige Beziehungen des Bodens zum Pflanzenwachsthum ersichtlich gemacht werden können. Es wird daher auch eine Angabe über die wasserhaltende Kraft jeder Bodenschicht insbesonders einzutragen sein; auch kann der wechselnde Stand des Grundwassers vorgemerkt werden.

Von Bedeutung ist ferner die Quantität der feinsten oder abschwemmbaren Bodenbestandtheile, welche für jede Bodenschicht natürlich nach derselben Methode ermittelt werden muss; auch kann noch der Gehalt des Bodens an organischer Substanz, an kohlensauren alkalischen Erden, ferner sein Absorptionsvermögen ermittelt und in übersichtlicher Weise beigefügt werden. Bezüglich des letzteren kann als Massstab überhaupt die Ammoniak-Absorption gelten.

Zur Darstellung der Terrainverhältnisse, welche mit Bezug auf das dem Boden zukommende Ausmass von Feuchte, mit Bezug auf die Beleuchtung und Erwärmung des Bodens eine höchst wichtige Rolle spielen, wird die Eintragung von Horizontalcurven, in je nach dem Mass der Erhebungen wechselnden Verticalabständen eine ausreichende Orientirung gewähren. Wird die Ausführung eines vollständigen Nivellements gescheut, so markire man auf der Bodenkarte mindestens die Richtung der Streichung des Hanges, dessen Abdachungsrichtung durch einen Pfeil angedeutet wird; die schrägen, die Spitze des Pfeiles bildenden Linien würden, wenn sie bis an den Grund des Pfeiles beiderseits reichten, einen Maximalhang von x^0 bezeichnen, bei einer Neigung des Terrains von 1^0

würden aber die erwähnten schrägen Linien nur bis zum $^1/_x$ Theil der Pfeillänge hinabreichen.

Alle diese Angaben können in der Mitte jener Bonitirungsstellen, für welche sie als Durchschnitt gelten können, in folgender Weise zusammengestellt werden:

Wasser-Capacität = 65%	Abschwemmung = 72% Organ. Substanz = 3·4 Alkalische Erden = 7·3 Absorption = 45	Streichungslinie
Wasser-Capacität = 42·5%	Abschwemmung = 40% Organ. Substanz = 0·5 Alkalische Erden = 17·0 Absorption = 23·0	
Wasser-Capacität = 27·4%	Abschwemmung = 16% Organ. Substanz = 0 Alkalische Erden = 5·5 Absorption = 5	Tiefe des Grundwassers = 3·2 Met.

Die Zahlen in den drei Horizontalabschnitten beziehen sich auf die drei Bodenschichten der Reihe nach von oben nach unten. Alles Uebrige ist selbstverständlich.

Dabei ist zu bemerken, dass diese Bestimmungen wohl unerschwinglich wären, wollten sie für jeden Punkt des Netzes ermittelt werden. Vielmehr dürfte es genügen, wenn bei Parcellen, deren Bodenbeschaffenheit keine wesentlichen Verschiedenheiten zeigt, Mittelproben aus den verschiedenen Schichten zur Untersuchung gelangten. Die Einzelnproben, von jedem Netzpunkt aus der obersten Schicht genommen, geben gemischt die Mittelprobe der ersten Schicht, in gleicher Weise hätte man sich auch eine Durchschnittsprobe des Mittelgrundes und eine des Untergrundes zu verschaffen. Man könnte sich aber solche Mittelproben auch derart verschaffen, dass man die zu untersuchenden Proben aus den Schichten einer solchen Stelle der Parcelle entnimmt, welche die mittlere Beschaffenheit der ganzen Fläche repräsentirt. Doch wird eine solche schwierig auszumitteln sein und könnten dabei wohl auch grössere Fehler unterlaufen.

Man erkennt leicht, dass das Schwergewicht der Arbeit der Bodenuntersuchung und agronomischen Bodenkartirung auf die unmittelbaren Erhebungen an Ort und Stelle, auf eine sorgfältige Auswahl der Mittelproben und auf die Untersuchung

der letzteren entfällt, während die Festlegung der Punkte im Situationsplane und die schriftliche und bildliche Darstellung der gemachten Erhebungen nur eine geringe Mühe bereitet. Dabei kann als selbstverständlich angenommen werden, dass man vor der kartographischen erst eine tabellarische Darstellung vornehmen wird. Diese letztere, welche das Bonitirungs-Ververzeichniss bildet, wird alle Abtheilungen des Landgutes nach einander aufzählen und für jede sämmtliche Erhebungen ersichtlich machen, welche sich auf die Netzpunkte derselben beziehen.

Für die Feststellung der Wirthschafts-Einrichtung ist aber noch nöthig, auf der Karte durch Anlegung mit Farben ersichtlich zu machen, wie die Bodenverschiedenheiten neben einander, mit Rücksicht auf die Bildung grösserer Flächen mit gleichartiger Bodenbeschaffenheit, liegen. Namentlich muss also zu entnehmen sein, ob mehrere Rotationen zu bilden seien, deren Schläge oft durcheinander liegen können. Für diesen Zweck müssen einige Bodenclassen aufgestellt werden, welche Rotationen bilden oder einzelnen Rotationen zuzuweisen sind. Diese Bodenclassen werden auf Grundlage aller vorausgegangenen Erhebungen eine gewisse Totaleignung für die charakteristischen mehr oder weniger anspruchsvollen Pflanzen repräsentiren, z. B. für Rothklee, Luzerne, Runkelrüben, Kartoffeln u. s. w.

Es mag schliesslich nur noch bemerkt werden, dass es für die agronomische Bodenkartirung, wenn sie in der vorgeschlagenen Weise vorgenommen wird, keinen Unterschied macht, ob die Beschaffenheit eines primitiven oder secundären Bodens dargestellt werden soll. Die Beschaffenheit des ersteren ist in Beziehung auf die Schichtung eine einfachere, insoferne sich die oberen und die tieferen Schichten nur nach dem Grade der Verwitterung unterscheiden; der Untergrund weicht insoferne ab, als er immer aus dem festen Grundgestein gebildet wird. Auch für ein solches kann ein besonderes Schraffirungszeichen benützt werden, es wäre aber meiner Ansicht nach zu weit gegangen, wollte man hiebei für jede Gesteinsart der zahlreichen geologischen Formationen besondere Zeichen einführen. Solche Verhältnisse zeigen auch auf einzelnen Landgütern eine grössere Gleichförmigkeit, berühren grossentheils

den der Forstcultur zugewiesenen Boden, während die Landwirthschaft sehr gewöhnlich angeschwemmten Boden zu bebauen hat. Die geognostische Grundlage, ob Quarz-, Thon-, Glimmer-, Feldspath-, Kalk-, Kalktalk-, Augit- oder Hornblendegestein u. s. w. würde übrigens ganz leicht in irgend einer Weise z. B. durch ein farbiges Dessin angedeutet werden können, umsomehr als solche Grundlagen, wie angedeutet worden ist, in der Regel auf grössere Strecken dieselben bleiben.

LITERATUR.

1. Hand- und Lehrbücher.

Schübler, „Grundsätze der Agriculturchemie", 1838.
Sprengel, „Bodenkunde", 1844.
Trommer, „Handbuch der Bodenkunde", 1857.
Mulder, „Chemie der Ackerkrume", 1862.
Bischof, „Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie", 1863.
Schumacher, „Physik des Bodens", 1864.
Fallou, „Anfangsgründe der Bodenkunde". 1865.
— — „Pedologie, oder allgemeine und besondere Bodenkunde", 1862.
Senft, „Der Steinschutt und Erdboden nach Bildung, Bestand, Eigenschaften, Veränderungen und Verhalten zum Pflanzenleben, für Land- und Forstwirthe", 1867.
Detmer, „Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der allgemeinen landwirthschaftlichen Bodenkunde", 1876.
Braungart, „Die Wissenschaft der Bodenkunde, Leitfaden für geobotanisch-ökonomische Studien", 1876.

2. Monographien und Abhandlungen.

W. Knop, „Die Bonitirung der Ackererde", Leipzig 1871, mit Nachträgen bis 1873.
— — „Methode der chemischen Analyse der Ackererden". Landwirthschaftliche Versuchsstationen, XVII. Band.
E. v. Wolff, „Anleitung zur Untersuchung landwirthschaftlich wichtiger Stoffe".
— — „Ueber die Methode der Bodenanalyse". Landwirthschaftliche Versuchsstationen, XIV. Band.
E. Peters, „Ueber den Einfluss, welchen eine höhere oder niedere Bodentemperatur auf den Verwitterungs- und Verwesungsprocess in der Ackererde ausübt". Ibidem, IV. Band.
R. Hoffmann, „Ueber Qualität und Quantität der aus der Ackererde durch reines Wasser aufnehmbaren Bodenbestandtheile". Ibidem, V. Band.
Wunder, „Ueber die in dem Boden enthaltenen Lösungen". Ibidem, II., V. Band.
W. Detmer, „Die natürlichen Humuskörper des Bodens und ihre landwirthschaftliche Bedeutung". Ibidem, XIV. Band.

W. Knop, „Ueber die Bedeutung des Humus". Ibidem, XV. Band, 1872.
A. Müller, „Beiträge zur Kenntniss von der Zusammensetzung der Ackererde". Ibidem, IV. Band.
W. Knop, „Beiträge zur Kenntniss der Ackererden". Ibidem, XVII. Band.
— — „Analysen vom Nilabsatz". Ibidem, XVII. Band.
R. Strehl, „Analysen einiger Ackererden und Absorptionsbestimmungen derselben". Ibidem, XVII. Band.
F. Fallou, „Die Hauptbodenarten der Nord- und Ostseeländer des deutschen Reiches". Dresden 1875.
R. Biedermann, „Einige Beiträge zur Frage der Bodenabsorption". Landwirthschaftliche Versuchsstationen, XI. Band.
J. Frey, „Untersuchungen über das Absorptions-Vermögen der Ackererden". Ibidem, XVIII. Band.
Scheermesser, „Die Absorption der Gase durch Erdgemische". Jena 1871.
E. Peters, „Ueber die Absorption von Kali durch die Ackererde". Landw. Versuchsstationen, II. Band.
W. Knop und **W. Wolf**, „Untersuchungen über das Vorkommen und Verhalten des Ammoniaks in der Ackererde". Ibidem, III. und IV. Band.
W. Knop, „Ueber das Vorkommen der Salpetersäure in Wässern, Ackererden, und das Verhalten des Ammoniaks und der salpetersauren Salze in der Ackererde". Ibidem, V. Band.
J. Möller, „Ueber die freie Kohlensäure im Boden". Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs. Herausgegeben von Seckendorff, II. Heft.
Fr. Haberlandt, „Die Structur der Ackerkrume". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen, I. Band, 1875.
— — „Ueber die Cohärescenz verschiedener Bodenarten und eine neue Methode zur Bestimmung derselben". Ibidem, I. Band.
— — „Ueber die Cohärescenz-Verhältnisse verschiedener Bodenarten", Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik. Herausgegeben von Wollny, I. Band, 2. Heft.
— — „Ueber Volumänderungen des Bodens". Fühling's Landw. Zeitung 1877.
A. v. Liebenberg, „Ueber das Verhalten des Wassers im Boden". Halle 1873
Fr. Haberlandt, „Die wasserhaltende Kraft des Bodens (capillare Sättigungs-Capacität nnd die capillare Wasserleitung im Boden)". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen, I. Band.
— — „Einfluss der Wärme auf die wasserhaltende Kraft der Ackererde". Landw. Versuchsstationen, VIII. Band.
Ad. Mayer, „Untersuchungen über die Wasser-Capacität des Bodens". Fühling's Landw. Zeitung 1875.
Cl. Treutler, „Ueber die wasserhaltende Kraft des Bodens und der Bodenbestandtheile". Landw. Versuchsstationen, XIV. Band.
L. v. Klenze, „Untersuchungen über die capillare Wasserleitung und die capillare Sättigungs-Capacität desselben für Wasser". Landw. Jahrbücher von Nathusius und Thiel 1877.

Fr. Haberlandt, „Ueber die Verdunstung des Wassers aus dem Boden". Centralblatt für die gesammte Landescultur 1866.

Heinrich, „Ueber das Vermögen der Pflanzen, den Boden an Wasser zu erschöpfen". „Landw. Centralblatt" 1875.

E. Wollny, „Untersuchungen über Temperatur und Verdunstung des Wassers in verschiedenen Bodenarten und den Einfluss des Wassers auf die Bodentemperatur". Landw. Jahrbücher 1876.

— — „Der Einfluss der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens". Berlin 1877.

A. v. Liebenberg, „Untersuchungen über die Bodenwärme". Halle 1875.

L. Pfaundler, „Ueber die Wärme-Capacität verschiedener Bodenarten". Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften zu Wien, LIV. Band.

H. v. Littrow, „Ueber die relative Wärmeleitungsfähigkeit verschiedener Bodenarten und den betreffenden Einfluss des Wassers". Ibidem, LXXI. Band.

Fr. Haberlandt, „Ueber die Wärmeleitung im Boden". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen". I. Band 1875.

— — „Ueber die Wärmeleitung im trockenen und feuchten Boden". Ibidem, II. Band 1877.

Fr. Unger, „Ueber den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse", 1836.

Schnitzlein und **Frickhinger**, „Die Vegetationsverhältnisse der Jura- und Keuperformation in den Flussgebieten der Wörnitz und Altmühl". 1848.

Sendtner, „Die Vegetationsverhältnisse Südbaierns". 1854.

F. Senft, „Die Unkräuter als Bestimmungsmittel der Bodenarten". Georgika 1870.

H. Müller-Lippstadt, „Bericht über die botanische Untersuchung der Bocker Haide". Landw. Jahrbücher 1873.

Th. Fuchs, „Ueber die Verbreitung der Mediterranflora". Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften in Wien 1877.

A. Orth, „Die geologischen Verhältnisse des norddeutschen Schwemmlandes und die Anfertigung geognostisch-agronomischer Karten". Halle 1870.

— — „Die geognostische Durchforschung des schlesischen Schwemmlandes zwischen dem Zobtener und Prebnitzer Gebirge". Berlin 1873.

— — „Die geognostisch-agronomische Kartirung mit besonderer Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse Norddeutschlands und der Mark Brandenburg". Berlin 1875.

K. Birnbaum, „Ueber die Grundlagen der Bodentaxation". Georgika 1869.

J. R. Lorenz, „Grundsätze für die Aufnahme landwirthschaftlicher Bodenkarten". Wien 1868.

Fr. Haberlandt, „Zur agronomischen Bodenkartirung". Fühling's Landw. Zeitung 1876.

FÜNFTER THEIL.

Die Düngung.

ERSTES HAUPTSTÜCK.

Wesen und Aufgabe der Düngung.

Wenn ein Boden mit Pflanzen bewachsen ist und eine Pflanzengeneration ununterbrochen der anderen folgt, ohne dass je ein Theil der gebildeten Pflanzensubstanz weggeführt wird, so muss der Boden selbstverständlich an verwesenden Substanzen stets reicher werden; dabei vergrössert er zwar nicht seinen Reichthum an Aschenbestandtheilen, wohl aber concentrirt er selbe mehr an seiner Oberfläche. Die absolute Menge der auf einem Grundstücke bis in grössere Tiefen vorhandenen Aschenbestandtheile bleibt dagegen auch bei der reichhaltigsten und Jahrhunderte lang währenden Vegetation unverändert. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Menge des durch die Atmosphäre zugeführten mineralischen Staubes einerseits, andererseits die Fortführung löslicher Bodenbestandtheile durch den Regen in der Mehrzahl der Fälle keine besondere Berücksichtigung verdient. In vielen Fällen mag dieser Gewinn oder Verlust, welchen der Boden erfährt, allerdings ganz beträchtlich sein. Durch Aschenregen vulcanischen Ursprungs ist der Boden in manchen Gegenden schon beträchtlich erhöht worden. Dort, wo der Boden Ueberschwemmungen ausgesetzt ist, da kann vieles Werthvolle angeschlämmt werden; jede Schlammschicht, die sich bei einer solchen Gelegenheit ablagert, kann einer ganz ansehnlichen Düngung gleichkommen. Ein geneigter Boden dagegen kann seiner Feinerde durch starke

Regengüsse beraubt werden; von einem losen Boden kann durch starke Winde das Feinste und Werthvollste oft grossentheils weggeführt werden.

Bleibt ein von Vegetation bedeckter Boden durch einen längeren Zeitraum unberührt stehen, so werden die wichtigsten Nährstoffe in der obersten Bodenschicht mehr angehäuft; es sammelt sich ein reichlicher Abfall an organischen Resten, und da in diesem eine fortdauernde Quelle von Kohlensäure und gebundenem Stickstoff fliesst, liegt die Folgerung nahe, dass ein solcher Boden nichts von seiner ursprünglichen Fruchtbarkeit verlieren könne, vielmehr bis zu einem gewissen Grade von Jahr zu Jahr an Fruchtbarkeit zunehmen müsse, wenn nicht etwa zufällige Störungen eintreten.

Wird aber der Boden Jahr für Jahr seiner gesammten Production beraubt oder auch nur eines Theiles derselben, so ändert sich dieses Verhältniss in der Weise, dass sowohl die Quelle der Kohlensäure, wie jene für gebundenen Stickstoff mehr und mehr verarmt, dass eine Verminderung der Aschenbestandtheile in immer steigendem Verhältnisse eintritt und dass mit der Verarmung des Bodens an Humus meist auch eine Verschlechterung der physikalischen Eigenschaften des Bodens unvermeidlich folgen muss.

Diese Folgerung, dass ein seit langer Zeit bebautes Grundstück, dem man immer nur Ernten entzieht, ohne zu düngen, nothwendig immer unfruchtbarer werden muss, bedarf nach dem, was über die Ernährung und Entwicklung der Pflanzen bekannt ist, keiner weiteren Beweisführung, auch ist sie ein bekannter Erfahrungssatz einer jeden landwirthschaftlichen Praxis. Es wird nur von der ökonomischen Benützungsweise des Bodens, von dem ursprünglichen Nährstoffvorrath im Boden, von der langsam oder rasch fortschreitenden Verwitterung desselben, von Einflüssen des Klimas und der Lage abhängen: ob die gänzliche Verarmung des Bodens und seine Unfähigkeit, neue Ernten zu produciren, schon nach einigen Ernten oder erst nach Jahrhunderten eines ununterbrochenen Anbaues eintritt.

Sehen wir, wie sich der Boden bei verschiedener Benützungsweise als Wald-, Wiesen-, Weideboden, als Ackerland in dieser Beziehung verhält.

Dem Walde wird von Zeit zu Zeit eine Holzernte abgenommen; ausserdem werden Baumfrüchte geerntet; Waldgras kann dem Weidevieh als Nahrung dienen, wofür die Excremente desselben ganz oder theilweise zurückbleiben. Verbleibt dem Waldboden seine Streudecke, erfolgt keine Verschlechterung des Bodens durch Abschwemmung, so geht der Waldboden in seiner Bodenkraft oder seiner Fruchtbarkeit in der Regel nicht zurück; im Gegentheil, dieselbe wird in sehr vielen Fällen erhöht. Mit dem Holze wird nur eine geringe Menge von Aschenbestandtheilen, namentlich den wichtigsten, dem Boden entnommen; die Wurzeln der Bäume reichen in weit tiefere Schichten, als in der Regel die der landwirthschaftlichen Culturgewächse; auch ist der Waldboden häufig ein Urboden, wo die Verwitterung unerschöpfliche Mengen von Pflanzennährstoffen immer wieder auf's Neue aufschliesst. Dies der Grund, warum bisher die Forstwirthe ganze Waldschläge nicht düngen, warum in der Forstwirthschaft die Düngerwirthschaft im Grossen und Ganzen keine irgend bedeutende Rolle spielt; denn nur mitunter wird für Pflanzschläge eine Düngung mit Compost oder Branderde, und zwar als Platzdüngung gegeben, damit die jungen Holzpflanzen in der ersten Jugend ein rascheres Wachsthum zeigen, oder es wird in Forstgärten eine Düngung mit ähnlichem Material angewendet. Nicht selten geschieht es, dass durch Ackerbau verarmtes Land in Wald umgewandelt wird, und dass, nachdem durch eine längere Reihe von Jahren der Boden in seinen oberen Schichten wieder reicher und physikalisch verbessert worden ist, nach Abstockung des Waldes abermals durch einige Jahre eine landwirthschaftliche Benützung möglich wird. Weniger günstig gestalten sich diese Verhältnisse, wenn nicht nur die Holzernten, sondern auch der jährliche Blattabfall dem Waldboden geraubt wird.

Die Weiden gewähren dem Weidevieh in den verschiedensten Verhältnissen Nahrung. Während in den üppigen Marschen oder auf fetten Alpenweiden Rinder grasen und kaum 1 Hektar für 2 Stück Grossvieh und eine Zeit von 6 und mehr Monaten nothwendig ist (50 bis 60 metrische Centner lufttrockene Substanz), holt sich auf magerem Boden, dürren Hügeln oder den höchsten Alpenweiden das Schaf mühsam seinen Bedarf zusammen und nur einige wenige Stücke nähren sich

von 1 Hektar, welches etwa 4 bis 6 metrische Centner lufttrockenen Futters gewährt. Weiden werden in der Regel nicht gedüngt, obwohl man diese orthodoxe Regel schon mit Vortheil an manchen Orten mit intensiverer Cultur verlässt. Selbst auf den Alpenweiden sind in der Schweiz schon Düngungsversuche gemacht worden. Die Weiden liefern an vielen Orten schon seit Jahrhunderten mittelbar Fleisch, Milch, Wolle u. dgl.; die Aschenbestandtheile, die ihnen weggenommen wurden, sind nicht wieder ersetzt worden. Weidet das Vieh Tag und Nacht, so kommen dem Weidelande wenigstens alle Excremente zugute; übernachtet es aber im Stalle, so wird ein Theil derselben in Form von Stallmist gewonnen und ganz gewöhnlich den Feldern zugeführt. In jenen günstigeren Fällen, wo alle Excremente dem Boden verbleiben, beträgt die Menge der entführten Bodenbestandtheile wenig und die Erschöpfung des Bodens wird dort in sehr entfernte Zeiten hinausgeschoben werden; in dem weniger günstigen zweiten Fall nähert sich das Verhalten der Weiden jenem der Wiesen. Begünstigt sind jene Weiden, welche, theilweise mit Bäumen bedeckt, durch das fallende Laub einen Zuschuss aus den tieferen Schichten bekommen; so beschaffen sind beispielsweise die Waldweiden in Neuholland, auch im südlichen Europa; wo die Beleuchtung während der Vegetationsperiode eine so intensive ist, dass die Beschattung entfernt von einander stehender Bäume dem Graswuchs keinen Abbruch thut, sind solche Bäume vom Standpunkt des Ersatzes als ein Vortheil für die Weiden anzusehen. Selbst für unsere Verhältnisse könnte diese Frage in Erwägung gezogen werden, wobei nur zu beachten wäre, dass zu diesem Zwecke hochstämmige Bäume, ferner solche mit tiefgehender Bewurzelung gewählt würden; Weiden und Pappeln mit ausnehmend flacher Bewurzelung würden für diesen Zweck entschieden nicht taugen.

Auch bei Wiesen wird die Düngung bisher beiweitem nicht allgemein vorgenommen. Wo Wiesenbewässerung eingeführt ist, da erwartet man vom Wasser gleichfalls eine düngende Wirkung. Man gewinnt von ihnen alljährlich ganz bedeutende Mengen von Heu; dieses findet seine Verwendung in der Wirthschaft und nebst anderen Producten erhält man ansehnliche Mengen von Stallmist; doch kommt dieser in der

Regel dem Ackerland zugute, indem die Landwirthe die Wiesen gewöhnlich nur als eine Stütze des Ackerlandes ansehen. Ob bei einer derartigen unausgesetzten Beraubung der Wiesen ihre Ertragsfähigkeit nicht mit der Zeit geschmälert wird, diese Frage ist wohl in vielen Fällen zu bejahen, wenngleich nur wenig exacte Beobachtungen und Erfahrungen darüber vorliegen, welche erstens eine Abnahme der Grössen der Ernte, dann auch eine Verschlechterung in der Zusammensetzung der Wiesenflora constatiren. Wenn auf manchen Wiesen trotz grosser Erträge und trotz der Unterlassung jeglichen Ersatzes dennoch kein Rückgang in Quantität und Qualität der Ernten erfolgt ist, so möchte dies theils auf der hohen, fast unerschöpflichen Fruchtbarkeit des tief angeschwemmten Bodens, auf der periodischen Ueberfluthung und Ueberstauung mit an Stickstoffen reichem Wasser und einer dadurch bewirkten Schlammdüngung beruhen. Ohne Zweifel wird der Wiesenboden auch deshalb weit später erschöpft als das Ackerland, weil die zahlreichen Pflanzenarten höchst mannigfaltige Ansprüche an den Boden stellen, weil die Wiesenpflanzen den Boden in allen Tiefen gleichmässiger in Anspruch nehmen und die Verwitterung in dem stets feuchteren und humusreicheren Wiesenboden mehr leisten dürfte, als in dem periodisch stärker austrocknenden und öfters bearbeiteten Ackerlande. Wo solche günstige Umstände nicht zusammenwirken und die Düngung der Wiesen dennoch unterlassen wird, da gehen sie in den Erträgen oft sehr bedeutend zurück, da wird häufig an ihre Umwandlung in Felder gedacht, welche in Folge der Bodenbearbeitung und der hierauf stattfindenden Düngung begreiflicherweise auch an Futter wieder höhere Erträge liefern können.

In einem weit höheren Grade als Waldland, Weide und Wiese wird der Boden durch lange fortgesetzten Feld- oder Ackerbau erschöpft. Durch die wiederholte Bodenlockerung wird der Humus viel rascher zersetzt, der Boden einseitig und bei gleich tiefer Bewurzelung der jedesmal gebauten Pflanzen stets in der gleichen Tiefe ausgenutzt. Dennoch wurde früher und wird auch jetzt noch in vielen Gegenden und Ländern der Ackerbau selbst ohne alle Düngung betrieben und das einzige Mittel, welches der Landwirth dort anwendet, um den Boden

fruchtbar zu erhalten, besteht darin, dass er durch ein oder zwei Jahre Brache hält, in welcher Zeit der Boden durch Verwitterung neue Pflanzennährstoffe aufgeschlossen erhält. Schon die alten Römer machten von der Brache, dieser die Fruchtbarkeit wiederherstellenden Massregel, Gebrauch, und spielt hierauf ein Ausspruch Virgil's in seinem Georgicon an, wenn er sagt:

„Illa seges demum votis respondet avari
Agricolae, bis quae solem, bis frigora sensit."

In manchen Gegenden Ungarns und Siebenbürgens wird auch noch heutzutage nur die Brache zur Wiederbelebung der Fruchtbarkeit des Bodens angewendet; nicht anders ist dies in Russland, in der Türkei, in Italien, im südlichen Frankreich u. s. w. Der Ertrag pflegt freilich bei solchem Feldbau nicht hoch zu sein, steigt selten über 8 bis 10 Hektoliter pro Hektar; doch ist kein Grund zur Annahme vorhanden, als könnte ein solch' spärlicher Ertrag nicht noch Jahrhunderte lang bei gleicher Behandlung des Bodens andauern.

Während an vielen Orten die Brache die einzige Massregel ist, welche durch die Verwitterung neue Pflanzennährstoffe zur Verfügung stellen soll, gelten anderswo die Wiesen als die wichtigsten Stützen des Ackerbaues. Je grösser der Antheil der Grundfläche eines Gutes an Wiesen, um so mehr Futter wird gewonnen, um so mehr Vieh kann gehalten werden, um so grösser ist die Menge des gewonnenen Stalldüngers, um so reichlicher die Düngung der Ackerländereien, deren Erträge bei so vollständigem Ersatze natürlich nicht zurückgehen, sondern sogar gesteigert werden können. Es ist unschwer, einzusehen, dass bei solchem Verfahren nur für einzelne Theile eines Landgutes ein Ersatz geleistet wird. Derselbe ist einseitig und erfolgt auf Unkosten der Wiesen, welche, wenn kein anderer Zufluss auf natürlichen Wegen erfolgt, mehr und mehr verarmen. Im Ganzen muss in einer solchen Wirthschaft, die keinen Zuschuss an Dünger von aussen erlangt, der gesammte im Boden vorhandene Nährstoffvorrath eine stetige Abnahme erfahren.

Weil die Wiesenflächen in vielen Gegenden unzulänglich waren, um ausreichende Futtermengen zu produciren, oder auch ganz fehlten, oder aber im Ertrage mehr und mehr

zurückgingen, ist ein reichlicherer Futterbau als ein Hilfsmittel zur Erzeugung grösserer Mengen von Stallmist benützt worden. Die dadurch ermöglichte stärkere Stallmistdüngung des Ackerlandes sollte auch reichlichere Getreide- und andere Ernten von Handels- und Hackfrüchten herbeiführen und dauernd erhalten. Wurden Futterpflanzen gewählt, welche den gebundenen Stickstoff aus der atmosphärischen Luft aufzunehmen vermögen, welche mit ihrer tiefen Bewurzelung auch die tieferen Bodenschichten in Anspruch nehmen, so konnte durch eine angemessene Auswahl von Futterpflanzen und eine stärkere Ausdehnung des Futterbaues allerdings ein doppelter Erfolg erzielt werden. Einmal musste eine absolute Bereicherung des Bodens an stickstoffhaltigen Düngemitteln zu Stande kommen, andererseits mussten die oberen Bodenschichten bei Zufuhr des reichlich gewonnenen Stallmistes, dann bei der Zersetzung der Stoppeln und Wurzeln an wichtigen mineralischen Pflanzennährstoffen bereichert werden, welche, früher in tieferen Schichten befindlich, den Getreidepflanzen und anderen seichter wurzelnden Gewächsen nicht zugänglich waren.

In vielen Wirthschaften war und ist auch heutzutage noch das Verhältniss der Anbauflächen, welche den Marktpflanzen und den Futterpflanzen gewidmet sind, der Angelpunkt, um den sich die Erhaltung einer gleichbleibenden Fruchtbarkeit des Bodens, die Statik des Ackerbaues, dreht, und sind dabei folgende Grundsätze massgebend gewesen. Weil auf geringen Böden überhaupt ein geringerer Nährstoffvorrath vorhanden und deshalb eine reichlichere Düngung angezeigt ist, weil auf solchen Böden die Futterernten geringer ausfallen, müsse man dort eine grössere Fläche dem Futterbau, eine kleinere Anbaufläche den Marktpflanzen widmen, wenn die ursprüngliche Bodenkraft erhalten werden wolle. Umgekehrt aber bedürfe man auf gutem Boden eine geringere Fläche, um Futter in ausreichender Menge zu produciren; ein solcher Boden mit grösserem ursprünglichen Nährstoffvorrath, in welchem auch die Verwitterung mehr neue Nahrung aufschliesse, bedürfe überhaupt einer schwächeren Düngung. Dieses Verhältniss zwischen Futter- und Marktpflanzen lasse sich nun nicht wissenschaftlich feststellen, müsse vielmehr von dem Praktiker, der seinen Boden und seine Leistungsfähigkeit

genauer kennt, abgeschätzt und glücklich gegriffen werden. Für geringe Bodenarten gestalte sich das Verhältniss so, dass auf $^1/_3$ Marktpflanzen $^2/_3$ Futterpflanzen kommen und auf besseren Böden kehre sich dies Verhältniss um. Noch in den Fünfziger-Jahren wurden für die Classen des Koppe'schen Bodenclassifications-Systems folgende Verhältnisse aufgestellt:

Reinertragsclassen nach Koppe	bei ausschliesslichem Ackerlande		Ungefähre Bodenclasse nach Pabst	Wiesen zum Ersatz für 1 Hektar Feldfutter müssen geben metr. Ctr.
	Marktpflanzen	Futterpflanzen		
I und II	66	33	W I	90
III „ IV	58	42	W II und G I	80
V „ VI	50	50	W III „ G II	70
VII „ VIII	42	58	G III „ H I	60
IX „ X	33	66	H „ R	50

Die Auskunftsmittel, welche die praktischen Landwirthe anwandten, um die Fruchtbarkeit des Bodens dauernd zu erhalten, waren damit nicht erschöpft. Auch der Fruchtwechsel wurde als eine vorzügliche Massregel zur Hinausschiebung der Erschöpfung des Bodens erkannt. Ein Wechsel verschiedener Früchte auf dem Ackerland nimmt den Vorrath an den verschiedenen Nährstoffen im Boden gleichmässiger in Anspruch, es werden die oberen und unteren Bodenschichten gleichförmiger ausgenützt, wozu noch zahlreiche andere Vortheile kommen, die anzudeuten und zu motiviren an anderen Orten die geeignete Veranlassung sich bieten wird. Jedenfalls musste ein passend gewählter Fruchtwechsel auch in der Richtung der besseren Erhaltung der Bodenkraft grossen Vortheil gewähren und verdiente gewiss nicht unter allen Verhältnissen den vom chemischen Standpunkt erhobenen Vorwurf, dass er nur als ein Hemmschuh der freien Benützung des Bodens anzusehen sei.

Ein anderes Mittel, die Fruchtbarkeit des Bodens zu erhöhen und zu verlängern, stand den Landwirthen ferner auch in der tieferen und ausgiebigeren Lockerung des Bodens zu Gebote. Während in früheren Zeiten die Felder häufig nur auf 10 Centimeter Tiefe gelockert wurden, vertiefte man die Ackerfurchen in neuerer Zeit bis auf 25 bis 30 Centimeter und darüber und

die eigentliche Tiefcultur erweiterte den Verbreitungsbezirk für den grösseren Theil der Wurzeln bis auf 40 und selbst 60 Centimeter. Die Fortschritte in der Fabrication der die Bodenbearbeitung bezweckenden Maschinen und Geräthe kam diesem Bedürfnisse in sehr wirksamer Weise zu statten und ist kein Zweifel, dass durch diese Tiefcultur eine wesentliche Verbesserung der Erträge schon herbeigeführt worden und an vielen, ja selbst den meisten Orten noch zu erreichen ist. Diese Tiefcultur macht sich in ihren wohlthätigen Wirkungen nicht nur mit Bezug auf die Verbesserung der physikalischen Eigenschaften des Bodens geltend, erleichtert nicht nur die Verbreitung der Wurzeln, die Vertheilung der Feuchtigkeit bis zu grösseren Tiefen, sondern unterhält auch die Thätigkeit der Verwitterung in weit höherem Grade, wenngleich diese Wirkung in ihrem Einflusse keinen ziffermässigen Ausdruck durch exacte Untersuchungen gefunden hat.

Man sieht, dass alle diese Hilfsmittel nur Palliativmittel sind, welche:

1. entweder nur einen Theil des Bodens eines Landgutes auf Unkosten des anderen bereichern (Ackerland durch Weiden und Wiesen);

2. eine relative Bereicherung der oberen Bodenschichten mittelst der schwerer zugänglichen Schätze des Untergrundes bewirken (Futterpflanzenbau);

3. eine vollständigere, gleichmässigere Inanspruchnahme aller wichtigeren Nährstoffe des Bodens im Verlaufe der Zeit bewirken, also seine gänzliche Verarmung länger hinausschieben (Fruchtwechsel);

4. durch Begünstigung der Verwitterung in kürzerer Zeit die Fruchtbarkeit des Bodens wieder herstellen oder durch eine kürzere oder längere Zeit erhalten (Tiefcultur).

Eine absolute Bereicherung des Bodens des ganzen Gutes findet nur mit Bezug auf den gebundenen Stickstoff beim Anbau der Hülsenfrüchte und der kleeartigen Futterpflanzen statt, während der Gehalt an Mineralstoffen constant abnehmen muss, sobald eine Wirthschaft Producte abgibt, seien es Producte der Viehzucht oder des Pflanzenbaues, und keinen entsprechenden Ersatz für die Verluste an ausgeführten Pflanzennährstoffen beschafft.

Dass vollständiger Ersatz gegeben werden solle, ist in neuerer Zeit von allen Agriculturchemikern auf das dringlichste empfohlen worden, und ist diese Lehre, welche zuerst von Justus von Liebig in der ihm eigenen präcisen Weise formulirt worden ist, in der Forderung enthalten: „Ersetze Alles, was du dem Boden entnommen hast, ohne Rücksicht auf die Umstände." Diese Lehre bezeichnet die Bewirthschaftung des Bodens mit Benützung der Brache als eine „Raubwirthschaft ohne Umstände", während sie jene mit Tiefcultur, Fruchtwechsel und Futterbau als einen „Raubbau mit Umständen" charakterisirt. Die Anhänger des vollständigen Ersatzes erblicken in der Brach- und Fruchtwechselwirthschaft den Ruin des Ackerbaues. Die Seidenraupen-Krankheit, die Krankheit der Trauben und Kartoffeln ist nach ihrer Ansicht durch die Erschöpfung des Bodens verursacht worden, ingleichen sei der Rückgang einstiger Culturländer, wie der Spaniens, Siciliens, sowie jener der alten Culturländer Asiens auf den Verfall der Boden-Cultur in Folge der Unterlassung eines vollständigen Ersatzes und der dadurch herbeigeführten völligen Erschöpfung des Bodens zurückzuführen. Wenn, wie wir später sehen werden, sich auch gegen diese Ansicht Mancherlei einwenden lässt, so muss doch nachdrücklichst hervorgehoben werden, dass die wissenschaftlichen Forschungen und die Polemik, welche sich an selbe knüpfte, die Aufmerksamkeit der Landwirthe auf diesen Gegenstand in hohem Grade gelenkt haben. Es wurde klarer als früher erkannt, wie sehr durch angemessene Düngungen der Rohertrag der Felder gesteigert werden kann. Man kam bald dahinter, dass in der Düngung bis dahin zu wenig geleistet worden ist, dass man sich zu ausschliesslich auf den Stalldünger beschränkte und eine Anzahl der wichtigsten Hilfsdünger fast völlig unbeachtet gelassen hatte; dass man bei der Düngung nicht leicht zu viel thun könne, während in der Bearbeitung des Bodens, in einer ausreichenden Feuchthaltung u. s. w. weit eher und leichter das Ziel, d. h. das Maximum der Wirkung erreicht werden kann.

Bevor wir auf die Frage des vollständigen Wiederersatzes nochmals zurückkommen, wollen wir den Standpunkt genauer bezeichnen, von welchem dieselbe beurtheilt werden muss.

Offenbar kann es sich überhaupt auch bei den höchsten Zielen des Pflanzenbaues nur darum handeln, Maximalerträge von allen jenen Culturpflanzen zu erhalten, deren Anbau die klimatischen Verhältnisse gestatten und deren Auswahl vom Standpunkte der Ertragsfähigkeit die lohnendste ist. Nun ist vor Allem zu bemerken, dass wir in keinem Falle die Menge von Nährstoffen kennen, welche im Boden vorhanden sein muss, um Maximalerträge möglich zu machen; wir wissen nur, dass von jedem Nährstoff immer ein Vielfaches jener Menge im Boden vorhanden sein muss, welche die Ernte eines Jahres benöthigt; das Wievielfache dies sein mag, ist aber nicht zu bestimmen. Hauptsächlich wird dies wohl von den Absorptions-Verhältnissen des Bodens abhängen; ein Boden mit geringerem Absorptionsvermögen wird offenbar geringere Vielfache der einzelnen Nährstoffe bedürfen, weil solche, weniger energisch zurückgehalten, den Wurzeln leichter zugänglich sind; dagegen werden stark absorbirende Böden sicher einen grösseren Vorrath aller Nährstoffe brauchen, damit die Pflanzenwurzeln gleich grosse Mengen von Nährstoffen aus demselben schöpfen können. Es kann nun das Verhalten verschiedener Bodenarten hinsichtlich der Absorption jedes einzelnen Nährstoffes ein sehr verschiedenes sein, woraus sich eine bedeutende Complication ergibt, welche schwer geschätzt und unmöglich berechnet werden kann.

Liesse sich der anfängliche Vorrath des Bodens an disponibler Pflanzennahrung leicht bestimmen, und ebenso genau festsetzen, was durch Verwitterung jährlich neu aufgeschlossen wird, was der Boden ferner an Pflanzennahrung in Form von Dünger jährlich zugeführt erhält, so könnte man, wie in einer wohleingerichteten Fabrik, über den Verbrauch an Rohstoffen und die erzeugten Producte genaue Rechnung führen und würde genau in Kilogramm anzugeben wissen, wie viel von diesem oder jenem Pflanzennährstoff zuzuführen wäre, um diesen oder jenen Ertrag bei irgend einer Culturpflanze zu erzielen. In einem solch' klaren Verhältnisse wie ein Fabrikant in seiner Fabrik befindet sich aber der Landwirth in seiner Feldwirthschaft nicht. Selbst wenn wir von den unberechenbaren Einflüssen des Klimas absehen, ist auch durch die sorgfältigste chemische Analyse der anfänglich disponible

Nährstoffvorrath im Boden nicht festzustellen; ebensowenig ist es möglich, das, was jährlich die Verwitterung neu aufschliesst, zu bestimmen; selbst über jene Menge von düngenden Stoffen, welche künstlich dem Boden einverleibt werden, ist es bei der grössten Sorgfalt sehr schwer, genaue Rechnung zu führen. Nehmen wir an, dass einem Boden Alles das durch Düngung wiedererersetzt wird, was wir demselben mit den Ernten entnehmen, so wird nicht nur keine Verarmung des Bodens, vielmehr eine stetig zunehmende Vermehrung seiner Nährstoffe stattfinden; es wird zuletzt jener Punkt erreicht werden, wo die Maxima der Erträge eintreten und eine weitergehende Vermehrung des Nährstoffvorrathes im Boden keinen Effect mehr hervorzubringen vermag. Einen unwirksamen Ueberschuss im Boden anzuhäufen, kann aber der Landwirth als Oekonom nicht berufen sein. Er wird von diesem Standpunkte aus überhaupt nur insoferne Ersatz leisten, als dies für ihn noch rentabel ist. Wirthschaftet er unter Verhältnissen, wo wegen dünner Bevölkerung, mangelnden Absatzverhältnissen u. s. w. die landwirthschaftlichen Producte nur einen niederen Preis haben, so ist er zu extensiver Benützung des Bodens gezwungen, der Umfang und die Ausdehnung der Grundstücke muss ihm das Arbeits- und Düngercapital ersetzen. Wird die Bewirthschaftungsweise dagegen eine intensivere, so treten die anderen beiden Productionsfactoren in den Vordergrund, je nach den Verhältnissen entweder mehr die Arbeit oder mehr das Düngercapital; immer ängstlicher spart man dabei mit dem Factor, welchen der Boden bildet, und man geht daran, die Brache, die dort offenbar eine Verschwendung dieses Factors bildet, vollständig abzuschaffen und ausserdem allenfalls dem Boden in einem Jahre zwei Ernten zu entnehmen.

Die Frage des mehr oder weniger vollständigen Ersatzes wird also von den wirthschaftlichen Verhältnissen abhängen. So wie es thöricht wäre, einen vollständigen Ersatz zu verlangen, wo, der Billigkeit der Pflanzenproducte wegen, der Landwirth bei vollem Ersatze zu offenbarem Schaden käme, ebenso wäre es ein Fehler, wollte er auch dann eine intensivere Betriebsmethode scheuen, wenn alle Verhältnisse zu einer solchen auffordern. Es entscheidet hierüber eben die Rechnung; die Grundlagen für diese Rechnung schafft aber der Düngungs-

versuch, der für die besonderen Verhältnisse immer wieder auf's Neue wiederholt werden muss. Bei solchen Düngungsversuchen handelt es sich einmal darum, welche Pflanzennährstoffe überhaupt ersetzt werden sollen; dann für welche Pflanzen die Düngung zu dienen hat und in welchem Mischungs-Verhältniss der einzelnen Nährstoffe; endlich in welcher Menge, zu welcher Zeit und in welcher Form die Düngung zur Anwendung gelangen soll. Es wäre Thorheit, solche Stoffe zuzuführen, welche der Boden ohnehin schon im Uebermass besitzt, oder die abgängigen Stoffe nicht in dem Masse zu ersetzen, wie solche im Minimo vorhanden sein müssen, damit entsprechende Ernten erzielt werden können. Die Boden-Analyse wird manchen Fingerzeig geben können; aber nur die Düngungsversuche beheben jeden Zweifel über die Nützlichkeit der Zufuhr dieses oder jenes Stoffes.

Bei der Zufuhr von Pflanzennährstoffen handelt es sich zumeist, wenigstens für die Mehrzahl der Bodenarten, um den gebundenen Stickstoff, ferner um das Kali und um die Phosphorsäure; bei allen übrigen kann an ernstliche Schwierigkeiten in Folge der Ausraubung gar nicht gedacht werden. Sowohl Kalk- wie Magnesiadünger für an alkalischen Erden arme Böden können in unerschöpflicher Weise und auf sehr billige Art beschafft werden; an Ersatz für Natron, Chlor und Kieselsäure braucht gar nicht gedacht zu werden. An Schwefel- und Eisenverbindungen enthält gleichfalls fast jeder Boden einen Vorrath, der für undenkliche Zeiten ausreicht.

Was die Verarmung des Bodens an gebundenem Stickstoff anbelangt, so ist die Vermehrung des diesbezüglichen Vorrathes einmal durch die Auswahl der anzubauenden Culturpflanzen, dann auch durch künstliche Zufuhr von Ammoniak- und salpetersauren Salzen, namentlich durch Chilisalpeter möglich, von welchem sehr grosse Vorräthe in den Handel gebracht werden können. Auf die Vorgänge in der Natur, bei welchen gebundener Stickstoff gebildet wird, kann sich aber der Landwirth nicht verlassen; sie sind zu geringfügig, als dass sie bei den Ansprüchen unserer Culturpflanzen in Rechnung gezogen werden könnten.

Auch bezüglich der Beschaffung einer ausreichenden Menge von Kaliverbindungen im Boden wird man nicht leicht in

Verlegenheit gerathen. Der Raubbau in Bezug auf Kali ist verhältnissmässig gering, da die Aschenbestandtheile der kalireichsten Pflanzen (Kartoffeln, Rüben), abgesehen von manchen Industrial-Wirthschaften, grösstentheils in den Boden wieder zurückgelangen. Ausserdem ist der Kaligehalt vieler Böden ein so bedeutender, dass selbst dort, wo, wie bei vielen Zuckerrüben-Wirthschaften, eine bedeutende Kali-Ausfuhr besteht, dennoch eine Düngung mit den sehr billigen Kalisalzen nicht rentabel ist, sobald für den Transport dieser Salze beträchtlichere Kosten erwachsen. Da man weiter auf vielen Punkten der Erdoberfläche den allergrössten Reichthum an Kali in Form von Salzlagern und Kalifeldspathen besitzt, so ist bezüglich dieses Nährstoffes nicht die allergeringste Befürchtung zu hegen, dass durch die Verschleppung eines Theiles des gegenwärtig im Boden vorfindlichen Kalis in's Meer ein ernstlicher Missstand für die Zukunft erwachsen könne.

Am gefährlichsten erscheint die Raubwirthschaft bezüglich der Phosphorsäure. Wenn man daher die üblen Folgen der Raubwirthschaft recht auffällig darlegen wollte, so bezogen sich die bezüglichen Beweisführungen stets vorzugsweise auf diesen Pflanzennährstoff. Die Phosphorsäure wird, wie wir wissen, von jeder Culturpflanze in nicht unbeträchtlicher Menge aufgenommen; sie steht hinsichtlich des Gewichtsverhältnisses, in welchem die Aschenbestandtheile gemischt sind, an einem der ersten Plätze. Ueberall ist sie aber nur in sehr sparsamer Weise in der Ackerkrume vorhanden. Für sie muss also der Raubbau vor Allem fühlbar werden. Die so allgemeine Rentabilität der Superphosphate und ähnlich zusammengesetzter Düngemittel beweist zur Genüge, dass wir mit Bezug auf Phosphorsäure in den cultivirtesten Theilen von Europa auf einem Punkte angelangt sind, wo der strenge Wiederersatz, vielleicht selbst eine Bereicherung, dringend geboten erscheint. Aber auch für diesen Stoff sind viel reichhaltigere Quellen, als man anfangs vermuthen konnte, für den Ackerbau erschlossen worden und werden deren täglich neue entdeckt. Gerade dass man zu Mineraldüngungen schreitet, noch bevor man den phosphorsäurereichen Menschendünger vollständig verwerthet, beweist, wie leicht jene Quellen nutzbar gemacht werden können. Auch mit Bezug auf diesen werthvollen Be-

standtheil des Düngercapitals ist unsere Armuth sehr übertrieben worden; auch für diesen Stoff wird selbst eine Bereicherung der Ackererde noch möglich sein, wenn irgendwo die Verhältnisse mehr als den blossen Wiederersatz fordern sollten. Eine allgemein sich vergrössernde Nachfrage nach landwirthschaftlichen Producten würde zunächst ein vollkommeneres Aufsammlungs-System unserer menschlichen Auswurfsstoffe nach sich ziehen, dann aber auch lehren, die phosphorsäurereichen Producte des Meeres in höherem Masse der Landwirthschaft zuzuführen, wie dies ja theilweise in England und Schottland, Irland, Belgien und Frankreich und an den Küsten Italiens schon geschieht.

Es sollen hier in dem ersten Hauptstücke der Lehre von den Düngemitteln und der Düngung auch die Methoden der Düngungsversuche besprochen werden, wobei vor Allem hervorzuheben ist, dass diese Versuche in den seltensten Fällen eine allgemeinere Bedeutung beanspruchen können, d. h. die an einem bestimmten Orte erzielten Ergebnisse haben meistens nur einen localen Werth und gelten nicht ohneweiters für alle Felder selbst eines und desselben Gutes, noch weniger für das Ackerland verschiedener Gegenden unter verschiedenen Himmelsstrichen. Es ist dies aus theoretischen Gründen leicht begreiflich. Ein jeder Boden hat eine andere chemische Zusammensetzung, in jedem ist die Verwitterung und die Absorption in anderer Weise thätig; in jedem combiniren sich die Eigenschaften, welche die Wirkung des einzelnen Dungstoffes begünstigen, in anderer Weise. Es ist demnach die Ausführung von Düngungsversuchen vom praktischen Landwirthe nicht zu umgehen und wird die Ausführung derselben auch keine besonderen Kosten, wohl aber allerdings eine sorgfältige Ueberlegung und ein planmässiges Vorgehen erfordern, weil ja die Düngungsversuche, wenn sie richtige Antworten geben sollen, in einer sehr genau präcisirten Weise ausgeführt werden müssen.

Es sind Düngungsversuche nicht blos auf dem Ackerlande, sondern auch auf Wiesen und Weiden auszuführen. Bei Feld- und Wiesen-Düngungsversuchen sind die Ernten leicht zu erheben; bei Weiden müsste eine Abgrenzung der Versuchsparcellen und die Ernte der Futterpflanzen in gleicher

Weise wie auf den Wiesen erfolgen, da bei einer Beweidung der gedüngten und nicht gedüngten Weideparcellen die genaue Ermittlung des Mehrertrages nur in sehr umständlicher Weise und nicht genau ermittelt werden könnte.

Für die sämmtlichen Felder eines Gutes werden die nur auf einer Parcelle vorgenommenen Düngungsversuche nur dann Geltung haben, wenn keine wesentlichen Abweichungen der Beschaffenheit des Bodens vorliegen. Sollten aber verschiedene Bodenarten in verschiedenen Rotationen vertreten sein, so wird mindestens für jede Rotation ein solcher Versuch eingeleitet werden müssen.

Der Düngungsversuch complicirt sich weiter dadurch, dass man nicht nur für alle wichtigeren Düngemittel, welche zur Anwendung gelangen sollen, sondern auch für die Hauptfrüchte, welche auf dem Gute gebaut werden, Specialversuche vorzunehmen hat. Es wird die Wirksamkeit der verschiedenen Stallmistarten im Vergleich mit anderen wichtigeren Düngemitteln, z. B. Guano, Superphosphaten, Knochenmehl, Chilisalpeter und Kalisalzen zu ermitteln sein. Unter den Culturpflanzen, für welche die Wirkung constatirt werden soll, werden die Getreidepflanzen, Hülsenfrüchte, werden insbesondere Runkelrüben, Kartoffeln, unter den Futterpflanzen besonders der Rothklee u. s. w. zu berücksichtigen sein. Bei der Anwendung der Düngemittel ist zu berücksichtigen, dass jene, welche blos Einen wichtigen Nährstoff enthalten, wie z. B. Superphosphate, Chilisalpeter, Kalisalze, voraus zu gehen haben; dass erst dann jene, welche je zwei Nährstoffe enthalten, wie Knochenmehl, Ammoniaksalze zu folgen haben und dass in dritter Linie auch solche, welche mehr als zwei Nährstoffe enthalten, zu prüfen sind, wie Guano, Poudrette, Compost, Stallmist u. s. w. Bei Verwendung all' dieser einfachen und zusammengesetzten Dünger wird immer der Gehalt derselben an den wirksamen Nährstoffen bekannt sein müssen, da nur auf Grundlage dieser Angabe und des Kostenpreises nachträglich eine Berechnung über die Rentabilität und den Erfolg, in Geldwerth ausgedrückt, durchgeführt werden kann. Es gilt dies auch für den Compost, wie für den Stalldünger, bei welchen man über ihren Gehalt an den Ausschlag gebenden Pflanzennährstoffen gleichfalls genau orientirt sein muss.

Es ist selbstverständlich, dass man in der Auswahl der anzuwendenden Düngemittel einen sicheren Anhaltspunkt gewinnt, wenn eine chemische Analyse des Bodens vorliegt; die käuflichen mineralischen Düngemittel werden ja ohnehin von den Fabriken solcher Düngestoffe auf einen gewissen Gehalt an bestimmten Stoffen garantirt.

Die Düngungsversuche für Ackerland müssen auf einem Feldstücke mit möglichst gleichförmiger Beschaffenheit der Ackerkrume und des Untergrundes vorgenommen werden. Würde eine grössere Bodenfläche von vollkommen gleichförmiger Art nicht aufzutreiben sein, so wäre darauf zu achten, dass die Abweichungen, die etwa vorkommen, sich gleichmässig auf die einzelnen Versuchsparcellen vertheilen; sollte z. B. eine schmale tiefer liegende Mulde sich durch die Parcelle, oder ein Streifen einer seichteren Ackerkrume oder schotterigen Unterlage sich in irgend einer Richtung durch die Parcelle hindurchziehen, so wäre darauf zu achten, dass die einzelnen Versuchsparcellen senkrecht auf die Streichungsrichtung der abweichenden Bodenstellen in schmäleren oder breiteren Streifen abgeschnitten werden, damit in jede einzelne ein gleich grosser Flächenantheil von dem besseren oder geringeren Boden falle. Das setzt natürlich voraus, dass der geometrischen Eintheilung des ganzen für Düngungsversuche bestimmten Feldes eine genaue Bodenbonitirung vorausgegangen ist.

Die Versuchsparcellen dürfen nicht zu klein sein, weil sonst zufällige Beschädigungen und Insectenschäden sehr leicht die Ergebnisse in hohem Grade alteriren können. Würde z. B. eine Versuchsparcelle nur einige Quadratmeter gross sein, so können schon einige Engerlinge oder Drahtwürmer eine Mehrzahl der Pflanzen zu Grunde richten oder ein Maulwurf mit seinem Gange das halbe Beet verwüsten. Zur Erzielung eines besseren Durchschnitts wird man daher grösserer Versuchsflächen bedürfen und wären 25 Quadratmeter wohl als ein Minimum anzusehen. Der Nachtheil der Versuchsflächen von diesem Ausmasse gegenüber solchen von 50 und 100 Quadratmeter wird wohl reichlich aufgewogen durch die leichtere Ausführung, den geringeren Kostenaufwand, die sichere und genauere Erhebung, die bequemere Ueberwachung und sorgfältigere Ausführung des ganzen Versuches.

Dabei ist zu bemerken, dass die Versuchsparcellen, welche je mit verschiedenen Pflanzen zu bebauen sind, nicht, wie dies so häufig geschieht, unmittelbar aneinander stossen dürfen, weil ja sonst, wenn beispielsweise Mais und Runkelrüben neben einander zu stehen kämen, eine theilweise Beschattung der Rübenparcelle, also ein ungünstiger Einfluss in den Versuch eingeführt würde, der zu vermeiden ist. Es wird deshalb jede Parcelle von allen Seiten mit einem angemessen breiten unbebauten Streifen umgeben sein müssen.

Für jeden Versuch ist ein Controlversuch nothwendig; wird beispielsweise für Kartoffeln die Wirkung eines Kalisalzes erprobt, so muss auf einer nebenstehenden Parcelle von ganz gleicher Beschaffenheit dieselbe Kartoffelsorte auch ohne Düngung angebaut werden, wobei Alles, was sich auf die Vorbereitung zur Saat, das Saatgut u. s. w., bezieht, ganz gleich sein muss. Der Boden muss also für die gedüngte und nichtgedüngte Parcelle gleichmässig und gleichzeitig hergerichtet werden; das Auslegen der Knollen muss auf beiden Vergleichsbeeten gleichzeitig erfolgen; das Gewicht und die Zahl der ausgelegten Knollen muss für beide Parcellen gleichmässig bemessen werden, ebenso muss auch die Tiefe der Bedeckung eine ganz übereinstimmende sein, was Alles auch für die Uebereinstimmung aller nachfolgenden Massregeln der Pflege und der Ernte gilt.

Mit Bezug auf die Bemessung der anzuwendenden Dünger-Quantitäten sind jene Mengen zu verwenden, welche man entweder für die Düngung im grossen Massstab überhaupt vorschlägt, oder man ermittelt den Bedarf an einem gewissen Pflanzennährstoff für mehrere aufeinander folgende Ernten solcher Pflanzen, die auf der Versuchsparcelle hintereinander folgen sollen und bemisst hienach das anzuwendende Dünger-Quantum.

Der Dünger kann nun in verschiedener Weise und zu verschiedener Zeit dem Boden einverleibt werden. Es kann die Düngung schon im Herbste oder erst im Frühjahre erfolgen. Wenn die Beschaffenheit des Bodens und die Natur des Düngemittels dessen Auslaugung während des Winters nicht befürchten lässt, kann die Düngung im Herbste erfolgen; ist aber zu befürchten, dass das oberseits oder im Untergrunde abfliessende Wasser im Winter und im Frühjahre einen Theil des gelösten

aufgebrachten Salzes entführen könnte, dann ist das Frühjahr die beste Zeit zur Anwendung des Düngers. Das Frühjahr ist dagegen überall dort nicht angezeigt, wo die Trockenheit des Sommers die mineralischen Dungstoffe weniger zur Wirksamkeit gelangen lässt; wo aber die Sommer feucht sind, da ist die Frühjahrsdüngung mit Kunstdüngern vorzuziehen. Es kann der Dünger gleichmässig vertheilt, über und über ausgestreut und untergeeggt oder untergepflügt werden, oder es kann für Zwecke besonderer Versuche eine Reihen- oder Stufendüngung vorgenommen werden. Damit die Wirkung der Düngung möglichst vollständig und rasch erfolge, ist natürlich eine recht innige Vermengung des Düngers mit dem Boden erwünscht. Dies wird bei allen pulverförmigen Dungstoffen sich in vorzüglicher Weise erreichen lassen; noch besser und gleichförmiger wäre die Vertheilung eines löslichen Düngers, wenn derselbe im gelösten Zustande, in flüssiger Form, zur Vertheilung gelangte. Doch müssten solche Lösungen, im Falle sie concentrirter wären, vor der Aussaat auf den Boden vertheilt werden; sonst dürfte die Concentration der Lösungen nur 0·5 bis höchstens 1% betragen. Wo, wie bei Versuchen, der Effect rasch sichtbar werden soll, würde ein solcher Vorgang, der früher entscheidende Resultate herbeiführt, vorzuziehen sein, wenngleich bei der Ausführung im grossen Massstabe in der Art der Ausführung der Düngung in einer weniger vollkommenen Weise vorgegangen werden müsste. Ueberhaupt würde es sich empfehlen, durch besondere Vorsichtsmassregeln auch noch in anderer Weise den Erfolg des Düngungsversuches zu sichern. Man soll sein Gelingen nicht allen Zufälligkeiten preisgeben, sondern es nach Möglichkeit sichern, weil ja sonst eine Wiederholung des Versuches nur zu häufig als nothwendig sich herausstellen wird. Man soll sich also sichern gegenüber dem ungleichmässigen Auflaufen der Saat, gegen Frost- und Insectenschaden, gegen Vogelfrass und Diebstahl, gegen Verunkrautung, gegen Samenausfall und das Verderbniss eines Theiles der Ernte bei ungünstiger Erntewitterung.

Da auf einer Versuchsparcelle der für das Versuchsjahr verwendete Dünger nicht vollständig consumirt wird, sondern immer auch noch im nächstfolgenden Jahre, sogar noch im drittnächsten Jahre zur Nachwirkung gelangt, so wäre bei jedem

Düngungsversuch die Aufeinanderfolge und die Zahl der Früchte zu bestimmen, welche bei der gedüngten und der nicht gedüngten Parcelle nacheinander zu bauen wären. Die Versuchsbeete wären für die ganze Zeit der Versuchsperiode zu belassen und wären am zweckmässigsten umzuspaten. Es wäre ein ganz unstatthaftes Verfahren, wollte man etwa mit dem Ende jeder Vegetationsperiode die ganze Fläche wieder gleichmässig umpflügen und neuerdings die Versuchsbeete ausstecken, weil dieselben Nummern der Beete dann verschoben werden könnten und ihr Ertrag von der vorausgegangenen Düngung in einer Art beeinflusst würde, welche unmöglich genauer beurtheilt werden könnte.

Aber wenn solche Versuche auch mit der grössten Vorsicht und Aufmerksamkeit ausgeführt werden, das Resultat eines Jahres ist in der Regel nicht entscheidend; vielmehr muss jeder Versuch zur Gewinnung von Mittelergebnissen durch mindestens zwei oder drei Jahre wiederholt werden.

Die Resultate werden nicht nur durch die Gewichtsermittlungen an Körnern und an Stroh erhoben, sondern es sollen auch noch anderweitige Wahrnehmungen notirt und für die gedüngte und nichtgedüngte Parcelle verglichen werden. Absolutes und specifisches Gewicht der Samen und Früchte, Spelzengewicht, Gewichtsverhältniss zwischen Stroh und Körnern, Länge des Strohs, Bestockung, Zeit der Reife u. s. w., mithin Merkmale, deren Constatirung nicht viel Zeit und keine besondere Mühe und keinen Kostenaufwand verursacht.

Nur Versuchsstationen werden in der Regel in der Lage sein, über die Beeinflussung der chemischen Zusammensetzung der gewonnenen Pflanzenproducte durch die Düngung Genaueres zu erfahren. Einfache Bestimmungen, wie solche bezüglich des Stärkegehaltes der Kartoffeln, des Zuckergehaltes der Rüben, können aber auch vom Landwirthe leicht vorgenommen werden.

Es ist nicht daran zu zweifeln, das solche Düngungsversuche dem praktischen Landwirthe sehr werthvolle Anhaltspunkte über die von ihm mit grösstem Vortheile anzuwendenden Dünger liefern würden und dass er bei solchen nach einem bestimmten Plane ausgeführten Düngungsversuchen sich mit geringen Kosten sicherere Erfahrungen sammeln könnte, als dies bei planlosen, je

nach Laune und zufälliger Anregung auf's Gerathewohl angestellten Düngungsversuchen im grossen Massstabe möglich ist, wobei er oft theures Lehrgeld zahlt, ohne durch Schaden klug geworden zu sein. Solche Versuche gewähren überdies nebst dem positiven Nutzen ein ausserordentliches Interesse durch die unzähligen Beobachtungen und Vergleichungen, zu welchen sie den Landwirth anregen und in fortwährender Denkarbeit erhalten. Solche Versuche sollten demnach nicht als eine lästige Nebenaufgabe für den praktischen Landwirth, sondern vielmehr als ein Object geistiger Anregung und Erholung angesehen werden.

ZWEITES HAUPTSTÜCK.

Die Düngemittel und ihre Anwendung.

Unter allen Düngern, welche gegenwärtig in der Landwirthschaft Anwendung finden, ist der Stalldünger der allerwichtigste, weil er gegenüber den übrigen in weitaus überwiegender Menge gewonnen und allgemein verwendet wird. Der Stallmist ist in der Mehrzahl der Fälle sogar der einzige Dünger, der den Feldern einverleibt wird; man gab deshalb und gibt auch noch dem Stallmist den Namen Hauptdünger, im Gegensatze zu allen übrigen Düngern, welche als Nebendünger, Beidünger, Hilfsdünger, käufliche Dünger bezeichnet werden. Indessen hat der Stalldünger in den letzten Jahrzehnten schon bedeutende Concurrenten erhalten, welche ihn in manchen Gegenden und Wirthschaften an Wichtigkeit selbst übertreffen. Wollte man die zahlreichen Düngemittel übersichtlich eintheilen, so könnte man dieselben in verschiedenen Gruppen unterbringen, je nachdem sie aus dem Thier-, Pflanzen- oder Mineralreiche stammen, je nachdem sie organischen oder anorganischen Ursprungs sind; man kann absolute und relative, concentrirte und verdünnte, langsam und schnell wirkende, direct und indirect wirkende Düngemittel unterscheiden.

Direct wirkende Dünger sind solche, welche mit einem einzigen oder allen ihren Bestandtheilen die Pflanzen nähren helfen; indirect wirkende jene, welche nicht als

Pflanzennahrungsmittel in Betracht kommen, sondern insoferne, als sie durch ihre Verbreitung im Boden andere wichtige Pflanzennährstoffe leichter löslich machen, im Boden verbreiten helfen und als sie, in grosser Menge aufgebracht, auch die physikalischen Eigenschaften des Bodens verändern.

Von den direct wirkenden unterscheiden wir die absoluten oder allgemeinen Dünger, welche alle Pflanzennährstoffe, wenn auch in sehr ungleichem Mischungsverhältnisse, enthalten, und die Special- oder relativen Dünger, welche entweder nur einen oder zwei Pflanzennährstoffe ersetzen können.

Zu den absoluten Düngern gehört der Stalldünger, die Jauche und Gülle, die menschlichen Ausscheidungen, der Guano, Blut und andere thierische Abfälle, frische Pflanzen (Gründüngung), Oelkuchen und andere Fabriksabfälle vegetabilischen Ursprungs, Compostdünger und endlich das Wasser.

Zu den relativen oder Specialdüngern gehören aber:

kalireiche: Melasse, Stassfurter Abraumsalz, kalihaltige Gesteine, Pflanzenaschen u. s. w.;

phosphorsäurereiche: Knochen und Knochenmehl, Superphosphate, Phosphorite u. s. w.;

stickstoffreiche: Ammoniaksalze, Chilisalpeter, Kalisalpeter u. s. w.;

kalkreiche: Kalk und Mergel, Gyps.

Endlich zählt man zu den indirect wirkenden: das Kochsalz, den Gyps und wohl auch das Wasser.

1. Stallmist.

a) Die Ausscheidungen der Hausthiere.

Der Stallmist besteht aus den Ausscheidungen des Darmcanals und der Harnwerkzeuge der Hausthiere, gewöhnlich noch mit irgend einem Streumaterial vermengt. Da die Futtermittel in ihrer Zusammensetzung so sehr verschieden sind, so müssen, da der Thierkörper in der Hauptsache nur bestimmte Stoffe assimilirt, jene Verschiedenheiten die grössten Abweichungen in der Beschaffenheit jener Ausscheidungen hervorrufen; dazu kommt noch, dass verschiedene Hausthiere das Futter sehr verschieden ausnützen, dass selbst Thiere einer

und derselben Art je nach dem Alter und dem Zwecke der Haltung als zuwachsendes Jungvieh, als Zug-, Melk- oder als Mastvieh Verschiedenes für die Düngerwirthschaft in ihren Ausscheidungen abgeben. Kommt ferner noch in Betracht, dass die Streumaterialien zur Aufsammlung der Fäces und des Harnes eine ausserordentlich verschiedene Zusammensetzung besitzen, dass bei der Bereitung und Aufbewahrung des Stallmistes Erde und Wasser in verschiedenen Mengen zugesetzt wird, tropfbar flüssige und gasförmige Stoffe verloren gehen können, die Jauche endlich entweder mit dem festen Stallmist vereinigt ist oder getrennte Anwendung findet, so wird man begreifen, dass der Stallmist wohl im Allgemeinen dieselben Stoffe, aber in sehr verschiedenen Mengenverhältnissen enthalten kann. Deshalb kann man unter Stallmist durchaus keinen Dünger von bestimmter Zusammensetzung und Wirkung verstehen. Je reichlicher das Futter an gebundenem Stickstoff und an den wichtigsten Mineralstoffen, z. B. an Phosphorsäure und Kali war, je reichlicher gefüttert worden ist, je weniger das Vieh an jenen Stoffen seinem Körper zulegte, wie z. B. bei der Mastung, je weniger oder mit je besserem Material gestreut wurde, je länger die zweckmässige Aufbewahrung des Stallmistes dauerte, um so werthvoller wird er bei gleichen Gewichtstheilen seiner Trockensubstanz sein und umgekehrt. Da eine chemische Analyse gewöhnlich nicht zur Hand ist, so wird der Landwirth bei Beurtheilung des Werthes des Stallmistes in einem speciellen Falle alle diese Umstände zu seiner Orientirung zu würdigen haben.

Betrachten wir die Veränderungen, welche das Futter im thierischen Organismus erleidet, so geht ein Theil davon im Wege der Respiration und Transspiration verloren, ein anderer Theil wird in den thierischen Producten abgelagert, wogegen ein bestimmter Rest-Antheil des Futters mit den Fäces abgeschieden, ein Theil der unbrauchbar gewordenen Stoffe aber durch den Stoffwechsel im Harne abgesondert wird, daher gleichfalls der Düngerwirthschaft zugute kommt.

Zur Orientirung mögen einige Daten mitgetheilt werden, welche Henneberg und Stohmann in einem Respirations-Apparate mit einem Ochsen erhielten, der ein Lebendgewicht von 1000 Zollpfund hatte. Eine Vergleichung des dargereichten

Futters und der gewonnenen festen und flüssigen Entleerungen ergab Nachstehendes:

Ein Ochs von 1000 Zollpfund verbraucht und liefert	Im frischen Zustande	Trocken-substanz	Wasser	Kohlenstoff	Wasser-stoff	Sauerstoff	Stickstoff	Holzfaser	Asche
	Pfunde								
An Futter	98·0	21·0	77·0	9·4	1·28	8·5	0·306	6·8	1·43
Feste Entleerungen . .	61·0	9·1	51·9	4·3	0·53	3·3	0·147	3·4	0·91
Flüssige Entleerungen .	20·8	1·4	19·4	0·3	0·04	0·3	0·158	—	0·56
Gesammt-Ausscheid. .	81·8	10·5	71·3	4·6	0·57	3·6	0·305	3·4	1·47
Daher Verlust durch den Athmungs- und Ausdünstungsprocess	16·2	10·5	5·7	4·8	0·71	4·9	0·001	3·4	+0·01 (Ueber-schuss)

In diesem Beispiel beträgt der Verlust an Trockensubstanz genau 50%; doch ist dieser Verlust nicht immer gleich gross bei verschiedenen Thierarten und selbst Nutzthieren derselben Art. So beträgt dieser Verlust

beim Pferde . . . . 50·9—54·9 im Mittel 52·6%
„ Rinde . . . . 45·3—59·2 „ „ 52·2%
„ Schafe . . . . 46·3—53·0 „ „ 50·7%

Der Kohlenstoff dieser verloren gegangenen Substanzen entweicht vollständig zu Kohlensäure verbrannt, also genau in derselben Form, aus der die chlorophyllhaltige Zelle den Kohlenstoff der in ihr entstandenen organischen Substanz bezogen hat. Der Kreislauf des Kohlenstoffes in der Natur ist damit vollendet. Die nicht verbrannte organische Substanz befindet sich wesentlich im Darmkothe, besteht also fast ausschliesslich aus unverdauten Stoffen, die gar nicht in das eigentlich Organisch-Innere des Thierkörpers eingedrungen sind und den Kreislauf im Blute nicht mitgemacht haben.

Die stickstoffhaltige Substanz der Futterstoffe erleidet, soweit sie verdaulich ist und in den Stoffwechsel mit eingeht, in Bezug auf ihren Kohlenstoffgehalt einen ganz ähnlichen Zerfall wie die stickstofffreie organische Substanz und der constatirte Kohlenstoffverlust ist zum Theil eben auch auf die Verbrennung dieser Stoffe zurückzuführen. Der Stickstoff spaltet sich aber nicht in Form von freiem Stickstoff ab, sondern in Form von kohlenstoffhaltigen Verbindungen, die zwar noch als organische Substanzen bezeichnet werden müssen, den anorganischen Verbindungen aber sehr nahe stehen, z. B. den Ammoniak-Ver-

bindungen. Diese stickstoffhaltigen Verbindungen, Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure, zerfallen bei ihrer natürlichen Zersetzung äusserst rasch in Kohlensäure und Ammoniak. Es ist dieses Verhalten des Stickstoffes der organischen Futterstoffe und aller thierischen Nahrungsmittel überhaupt von grosser Bedeutung für die Wirksamkeit der thierischen Excremente als Düngemittel. Bei dem Durchgang durch den thierischen Organismus wird kein Stickstoff in Freiheit gesetzt; derjenige, welcher nicht dem Stoffwechsel anheimfällt, bleibt in derselben Form, die ihm schon vorher eigenthümlich war, und die ganze Menge, die dem Stoffwechsel dient, gelangt in eine Form, in der sie viel schneller für eine neue Vegetation zur Verfügung steht. Dieser gebundene Stickstoff wird durch den Kreislauf im thierischen Körper für die Pflanzen gleichsam aufgeschlossen.

Etwas Aehnliches findet bei den Aschenbestandtheilen statt. Auch diese gelangen mit den organischen Substanzen, in denen sie enthalten sind, theilweise in den Kreislauf; theilweise werden sie durch den Darm in ziemlich unveränderter Form wieder ausgeschieden. Die ersteren werden aus dem thierischen Körper in einer für die Aufnahme durch die Pflanzen günstigeren Form ausgeschieden, als in welcher sie in der Pflanzensubstanz enthalten waren, die den Thieren zur Ernährung verabreicht worden ist.

Der Harn (Urin) enthält fast allen im Kreislauf ausgeschiedenen gebundenen Stickstoff, mit allen in den Nieren zur Ausscheidung gelangten Salzen des Blutes. Er enthält eine namhafte Menge von Trockensubstanz (5 bis 13%), meist organische Verbindungen, von welchen die stickstoffhaltigen die werthvollsten sind. Die drei wichtigsten dieser Verbindungen sind Harnstoff mit etwa 40·5%, Harnsäure mit 33·5% und Hippursäure mit 7·7% Stickstoff. Wegen der Leichtigkeit, mit welcher sich diese organischen stickstoffreichen Verbindungen zersetzen, hat der Harn eine sehr grosse Bedeutung, welche nur zu häufig nicht genug gewürdigt wird. Es wird deshalb überall von Wichtigkeit sein, ob Fäces und Harn beisammen bleiben oder ob der letztere besonders gewonnen wird oder wohl gar verloren geht.

Auffällig ist, dass der Harn vom Pferd, Rind und Schaf phosphorsäurefrei ist oder nur Spuren davon enthält, während

wir doch wissen, dass das Blut phosphorsäurereich ist, da alle Gewebe, so auch die Knochen, sich ja aus dem Blute bilden. Dieses eigenthümliche Verhalten ist damit zu erklären, dass sich aus dem Blute in Form von Drüsenabsonderungen gewisse Flüssigkeiten in den Darm zurückergiessen, welche nicht wieder in das Blut gelangen. Dieses ist namentlich bei der Galle der Fall, welche in der Leber erzeugt wird und als ein Endproduct des thierischen Stoffwechsels zu betrachten ist, das nicht mit dem Harne, sondern mit den Fäces entleert wird. Mit der Phosphorsäure-Armuth steht seine alkalische Reaction und sein Aufbrausen mit Säuren im Zusammenhang, da es bei Abwesenheit von Phosphorsäure an fixen Mineralsäuren zum Sättigen der Alkalien und alkalischen Erden beinahe gänzlich mangelt.

Vergleichen wir zur Veranschaulichung die Zusammensetzung der Fäces mit jener des Harnes. Nach Analysen, die von Stohmann, Rogers, Boussingault, Girardin und Anderen ausgeführt worden sind, ergeben sich folgende Durchschnittszahlen:

1000 Kilogramm frischer Fäces enthalten bei	Rindern	Pferden	Schafen	Schweinen	Hühnern	Tauben
	Kilogramm					
Trockensubstanz	144	240	420	200	190	750
Hierin Stickstoff	2·5	5	7	6	3	45
Mineralstoffe	17·0	30	60	50	51	150
Hierin: Kali	2·5	3	4	3·5	2	35
Kalk und Talkerde . .	4·0	1·5	15	2·5	7	50
Phosphorsäure	1·5	3·5	6	0·75	6	30
Schwefelsäure	0·5	0·5	2·5	0·5	?	?
Jährliche Menge der frischen Excremente in Kilogrammen pro Stück (bei Hühnern und Tauben von 100 St.) beiläufig	10000	6000	380	900	150	100

Bezüglich der Zusammensetzung des Harnes aber erhalten wir folgende Zahlen:

1000 Kilogramm frischen Harns enthalten bei:	Ochsen	Pferden	Schafen	Schweinen
	Kilogramm			
Trockensubstanz	62	110	135	25
Hierin Stickstoff	7	12	14	3
Mineralstoffe	27	30	36	10
Hierin: Kali	22	17	20	7·5
Kalk und Talkerde	0·75	8	6	0·5
Phosphorsäure	Spur	Spur	0·3	1·3
Schwefelsäure	1	1·5	4	0·5
Jährliche Menge des Harns in Kilogrammen pro Stück	4000	1500	190	600

Bezüglich der Gesammtausscheidungen eines Stückes Rind, Pferd, Schaf, Schwein oder für je 100 Stück Hühner und Tauben und des Gehaltes dieser Ausscheidungen mögen noch folgende Zahlen Auskunft geben:

Gesammtmenge der Ausscheidung und ihr Gehalt pro Jahr	Kilogramm					
	Rind	Pferd	Schaf	Schwein	Hühner	Tauben
Harn und feste Excremente	14000	7500	570	1500	150	100
Gesammte Trockensubstanz	1688	1605	185	195	28·5	75
Hierin: Stickstoff	53	48	5	7·25	0·5	4·5
Gesammt-Mineralstoffe	278	225	29·5	51	7·5	15
Hierin: Kali	113	43·5	5·25	7·5	0·3	3·5
Kalk- und Talkerde	43	21	6·5	2·5	1·0	5
Phosphorsäure	15	21	2·3	1·5	1·4	3
Schwefelsäure	9	2·25	1·75	0·75	?	?

b) Die Einstreu.

Die Einstreu soll dem Rinde ein trockenes, weiches und reinliches Lager bereiten, daneben aber auch zur Vertheilung und Festhaltung der Excremente, zur Aufsaugung und Zurückhaltung des Harnes dienen, daher jene Streumaterialien um so Besseres leisten, welche bei leichter Beschaffung und Vertheilung ein höheres wasseransaugendes Vermögen besitzen. Aber nicht darauf allein wird es bei der Beurtheilung der Streumaterialien ankommen, es wird sich auch fragen, ob solche nur langsam

oder rasch der Zersetzung anheimfallen, ob ihre chemische Zersetzung eine solche ist, welche dem Boden mehr oder weniger an werthvolleren Stoffen zuführt.

Wie sehr verschieden sich die verschiedenen Streumaterialien hinsichtlich ihres wasserzurückhaltenden Vermögens verhalten können, ersieht man aus folgenden Zahlenangaben:

100	Gewichtstheile	Föhrenreisig	absorbiren	25	Theile	Wasser
100	„	Fichtenreisig	„	36	„	„
100	„	Erde	„	40—70	„	„
100	„	Laubstreu	„	80—100	„	„
100	„	Gärberlohe	„	215	„	„
100	„	Torf	„	230	„	„
100	„	Roggenstroh	„	300	„	„
100	„	Weizenstroh	„	280	„	„
100	„	Bohnenstroh	„	330	„	„
100	„	Erbsenstroh	„	310	„	„
100	„	Sägespäne	„	357	„	„

Durch das Kurzschneiden wird bei den Stroharten das Aufsaugungsvermögen für Harn wesentlich erhöht, auch die bessere Vertheilung und Vermischung der Fäces mit dem Streumaterial erleichtert.

Allen Streumaterialien ist hinsichtlich der Eignung für den vorgenannten Zweck das Stroh überlegen, nicht nur wegen seines Aufsaugungsvermögens, sondern wegen seines nicht unbeträchtlichen Gehaltes an Kali, Kalk und selbst Phosphorsäure; auch geht es ziemlich rasch in Fäulniss und Verwesung über. In manchen Wirthschaften mit starkem Getreidebau ist oft ein Ueberfluss an Stroh, und kann selbst im Uebermass gestreut werden. Kommt es doch selbst vor, dass es gar nicht möglich wird, alles Stroh in dieser Art zu verwerthen, sondern dass man es, wie im Tieflande Ungarns und in Südrussland, als Feuerungsmaterial verwendet. In Schweden wird es zuweilen direct in Mist umgewandelt; auf den Pachtgütern der Krone darf kein Stroh verkauft werden und kommt es dann vor, dass man das Kurzstroh 2 Meter hoch aufschichtet und mit Wasser befeuchtet, in welchem pulverisirte Rapskuchen aufgelöst und suspendirt sind; überlässt man solche Haufen unter einer schwachen Erdbedeckung der Fäulniss, so verwandeln sie sich in kurzer Zeit in einen guten Compostdünger, der allerdings dem gewöhnlichen Stallmist an Qualität nicht gleichkommt, aber auch nicht sehr weit hinter demselben zurücksteht.

Mitunter kommt statt Stroh verschlämmtes und verdorbenes Heu zur Verwendung; doch ist ein solches, wenn es im halbverfaulten Zustande ein Herd zahlreicher Pilzbildungen geworden ist, immer bedenklich und sollte zweckmässiger bei der Compostbereitung benützt werden.

Das Sumpf- und Teichland liefert zur Streu: Schilfrohr, Rohrkolben, Binsen, Seggen, Riedgräser überhaupt. Es zeichnen sich diese oft durch einen hohen Kali- und einen beträchtlichen Phosphorsäuregehalt aus; doch unterliegen sie im getrockneten Zustande nur langsam der Zersetzung, weshalb sie im grünen Zustande zur Benützung kommen sollten, wo dann freilich ihr Vermögen, Wasser aufzunehmen, ein sehr geringes ist.

In Küstengegenden werden verschiedene Meerespflanzen insbesondere Fucus-Arten *Sargassum, Laminaria* u. s. w., oft in grosser Menge ausgeworfen und mit Vortheil zur Compostirung oder als Streumaterial verwendet. An den Küsten Italiens wird für diesen Zweck *Posidonia oceanica*, das sogenannte Seegras von Ligurien, am häufigsten verwendet, welches sich deshalb so vorzüglich eignet, weil es in seiner Asche einen Kaligehalt von über 4%, einen Phosphorsäuregehalt von über 20% besitzt.

Auch das Waldland liefert in vielen Gegenden massenhaft Streu für die Düngerwirthschaft. Hieher gehören die Farnkräuter, das Kraut der *Calluna vulg.*, der Heidel- und Preisselbeeren oder Besenpfriemen, Moose u. dgl.; aber auch das abgefallene Laub und der Nadelabfall werden vielfach benützt. Selbst von stehenden Bäumen gewinnt man das grüne Laubwerk und die Nadeln, wobei nicht die Blätter und Nadeln abgestreift, sondern die Aeste abgehauen, die Bäume geschneitelt oder geschnattet werden; nachträglich müssen die abgehackten Zweige noch zerstückt werden, weshalb die Bezeichnung Gehäckstreu (Hackstreu).

Die Farnkräuter liefern die beste Streu; Haidekraut, Heidel- und Preisselbeeren, Moose sind schwer zersetzbar, Moose zugleich auch arm an Nährstoffen. Hackstreu hat ein geringes Aufsaugungsvermögen, gibt ein unreinliches, hartes und schwer trocken zu erhaltendes Lager und kommt wohl nur in Gebirgswirthschaften zur Anwendung. Dass das Interesse des Wald- und Feldbaues bei Verwendung der Waldstreu überhaupt in einen schweren Conflict geräth, ist bereits mehrfach angedeutet

worden und ist hier nicht der Ort, näher auf diese Frage einzugehen.

Sägespäne bilden insofern, als sie viel Harn aufnehmen können und sich leicht mit den Fäces vermengen lassen, ein sehr gutes Streumaterial. Aber der Gehalt ist ein geringer, denn sie besitzen nur wenig Stickstoff, auch sind sie arm an Phosphorsäure; ihre Zersetzung ist gleichfalls eine langsame. Dasselbe gilt vom Torf, der natürlich vor seiner Verwendung entsprechend gekrümelt werden muss.

Auch die Erdstreu wird in Ermanglung geeigneterer Materialien angewendet. Jede trockene Erde kann zu diesem Zwecke dienen; am besten taugt humusreiche oder die mergelig lehmige; thonreichere Erden zertheilen sich schwer, Sand bindet zu wenig. Weil aber die Erdstreu nur wenig Harn zu fassen vermag, braucht man beträchtlichere Mengen, was die Anwendung, der wiederholten Transportkosten wegen, vertheuert. Sonst hätte die Erdstreu manchen Vorzug, indem sie das Ammoniak, das sich bei der Zersetzung des Harnstoffes u. s. w. bildet, besser bindet und vor Verflüchtigung bewahrt als jede andere Streu.

Welches Streumaterial sich in jedem einzelnen Falle bei der Düngerwirthschaft empfiehlt, das hängt ganz und gar von der Möglichkeit ab, sich dieses oder jenes Material in genügender Menge und zu billigem Preise zu beschaffen. Was die Menge der pro Stück Vieh und pro Tag anzuwendenden Streu anbelangt, so rechnet man, wenn Stroh als Streumaterial verwendet wird, bei Rindern $^1/_4$ bis $^1/_3$, bei Pferden $^1/_5$ bis $^1/_4$, bei Schafen $^1/_6$ bis $^1/_4$ des Trockengewichtes an Futter.

Dies beträgt bei:

	pro Stück und Tag
dem Rind . .	2·5 bis 5 Kilogramm
„ Pferd	2 „ 3 „
„ Jungvieh . . .	1 „ 2 „
„ Schaf	0·2 „ 0·4 „
„ Schwein	1 „ 1·2 „

Von der Teichstreu rechnet man aber das Doppelte; von der Laubstreu das Siebenfache, von der Hackstreu das Achtfache, von der Erdstreu das Zehn- bis Zwölffache.

Schliesslich folgt noch eine Zusammenstellung über den Gehalt der gebräuchlichsten Streumaterialien an Stickstoff, Kali und Phosphorsäure zur Beurtheilung ihrer Qualität.

100 Theile Trocken-Substanz enthalten:	Stickstoff	Kali	Phosphor-säure
Weizenstroh	0·48	0·733	0·26
Roggenstroh	0·4	0·92	0·25
Gerstenstroh	0·64	1·09	0·21
Haferstroh	0·56	1·04	0·22
Maisstroh	0·25	2·03	0·44
Rapsstroh	0·56	1·34	0·29
Stroh von Hülsenfrüchten	1·04	1·17	0·41
Kartoffelstroh	0·1	1·23	0·36
Buchweizenstroh	1·3	2·88	0·73
Schilfrohr	.	0·83	0·27
Rohrkolben	.	2·44	0·37
Carex-Arten	.	2·64	0·40
Simsen	.	2·20	0·50
Binsen	.	2·20	0·51
Tange		1·93	0·47
Buchenblätter	0·8	0·27	0·28
Eichenblätter	0·8	0·16	0·39
Kiefernnadeln	.	0·10	0·26
Fichtennadeln	0·5	0·19	0·19
Farnkraut	.	2·40	0·55
Haidekraut	1·0	0·27	0·14
Moose	.	0·26	0·09
Gärberlohe	.	0·44	0·11
Sägespäne	.	0·02—0·2	0·01—0·15

c) Die Sammlung und Aufbewahrung des Stallmistes.

Entweder werden die Excremente allsogleich aus dem Stalle geschafft und der Harn abgespült, in welchem Falle die Streu gar nicht nothwendig ist, wenn nicht etwa den Thieren ein weiches und zugleich warmes Lager gegönnt wird, oder die Fäces sammeln sich mit dem Harn kürzere oder längere Zeit unter den Thieren an, in welchem Falle die Streu unentbehrlich ist.

In allen Fällen muss der Stand des Viehes im Stalle ein entsprechendes Gefälle zum Abfluss der Jauche besitzen und der Boden muss undurchlassend sein. Zweckmässig ist ein mit Cement verbundenes Ziegelpflaster mit auf die breite oder schmale Kante gestellten Ziegeln. Wo nur ein schlechtes Pflaster oder nur ein Erd-Estrich sich vorfindet, da sickert die Jauche oft einige Meter tief in den Boden. Die mit den Fäces

gemischte Streu wird entweder täglich aus dem Stalle geschafft oder bleibt wohl auch wochenlang unter den Thieren liegen. In Schafstallungen häuft sich der Dünger ganz gewöhnlich durch lange Zeit an; aber auch für Rind-Jungvieh, selbst für Pferde, namentlich Zuchtpferde, ist diese Einrichtung zweckmässig; in Stallungen für Kühe, Zugochsen und Mastochsen ist sie seltener anzutreffen. Dabei gehen die Thiere ganz frei herum und lagert sich der Mist bis 0·6 Meter hoch und noch höher an, weshalb entweder verstellbare Schafraufen oder erhöhbare Futterbarren und auch höhere Stallungen nothwendig sind, was auch dann gilt, wenn bei Düngeransammlung im Stalle die Thiere, namentlich Rinder, angebunden sind.

Als Vortheile dieses Verfahrens werden angeführt:

1. Gleichförmige dichte Lagerung und deshalb auch gleichmässige Zersetzung des Mistes.

2. Schutz vor Sonne, Regen, Winden und jeglichem Verluste.

3. Ersparung einer Düngerstätte, da der Mist direct aus dem Stalle auf's Feld geführt wird.

4. Ersparniss an Arbeit.

5. Gesündere Haltung der frei sich bewegenden Thiere, die dabei auch zahmer und gelehriger werden.

Als Nachtheile werden angeführt:

1. Verderbniss der Luft; dem könnte in der wärmeren Jahreszeit durch Besprengung des festgetretenen Mistes mit Wasser, durch Zusatz verdünnter Schwefelsäure, durch Aufstreuen von Gypspulver vorgebeugt werden, wobei man pro Stück Grossvieh auf 0·2 bis 0·5 Kilogramm Gyps rechnen könnte.

2. Bei Grünfutter wäre das Lager weniger reinlich, da könnte aber mit mehr Streu nachgeholfen werden.

3. Die Baukosten erhöhen sich, doch nicht bedeutend. Haben die Thiere einen bleibenden Standort, so wird man zur besseren Vertheilung der Fäces öfter durch Vermischung mit der Streu nachzuhelfen haben; die Streu wird von der Vorderseite des Standes allmälig nach rückwärts gezogen.

Es kommt in manchen Gegenden auch vor, dass hinter dem Stande ein 0·3 bis 0·5 Meter tiefer und 0·4 bis 0·5 Meter

breiter ausgemauerter Graben hergestellt wird, in welchen die mit der Streu vermischten Fäces mehreremale des Tages eingezogen werden und in welchen auch die Jauche abfliesst. Die Masse lagert sich hier in Folge des Festtretens gut zusammen, wird so lange belassen, bis der Graben vollgefüllt ist, worauf die Entleerung desselben und die Abfuhr des angesammelten Mistes auf die Düngerstätte erfolgt. Bei solchem Verfahren pflegt man Häckselstreu zu verwenden, indem man das Streustroh in 10 bis 15 Centimeter langes Häcksel verwandelt. Gute Vermischung der Streu mit den Fäces und dem Harne, vorzügliche Vertheilbarkeit des Düngers auf der Miststätte und später auf dem Felde bilden einen grossen Vortheil für das Verfahren, wogegen die höheren Kosten der Stalleinrichtung in Anschlag zu bringen sind.

Ueber das Verfahren im Einzelnen beim Einstreuen, beim Streuwechsel u. s. w., bei der Verwendung verschiedener Streumaterialien braucht hier nicht näher eingegangen zu werden, weil man im praktischen Betrieb bei sorgfältiger Ueberlegung aller Momente unschwer das den jeweiligen Verhältnissen zweckentsprechende Verfahren ausfindig machen wird; es braucht hier nur noch darauf aufmerksam gemacht zu werden, dass in einer leicht zu controlirenden Weise eine gleichmässige Verwendung des vorhandenen Vorrathes an Streumaterial erfolgen soll, damit nicht zu Zeiten solches verschwendet, ein andermal in zu karger Weise zugemessen wird oder dasselbe ganz fehlt.

Besser als auf Tragbahren erfolgt der Transport des Düngers aus den Stallungen auf die Düngerstätte mittelst Schiebtruhen mit wasserdichtem Boden; noch besser ist es, wenn man sowohl die Zufuhr der Futterstoffe, wie die Abfuhr des Düngers auf Eisenbahnen mit schmalem Geleise erleichtert.

Was die Düngerstätte anbelangt, so fragt es sich zunächst um die Auswahl des Ortes, wo sie angelegt werden soll, dann um die Ermittlung und Feststellung ihrer Flächen- und Raumverhältnisse und um die zweckmässigste Art der Anlage.

Als geeigneter Platz für die Anlage der Düngerstätte ist die Schattenseite des Hofraumes zu betrachten. Möglichste Annäherung an die Stallungen ist wünschenswerth; eine separate Düngerstätte für Rinder, Pferde und Schweine ist nicht erfor-

derlich, eine gemeinschaftliche Anhäufung aller Düngersorten vielmehr vorzuziehen. Vor Wind und vor dem Zufluss des Tagewassers soll die Düngerstätte geschützt sein; die bequeme Zu- und Abfuhr sei auf allen Seiten auf gepflasterten Wegen möglich. Zum Schutze vor Sonne und Wind können auch Bäume in der Nähe angepflanzt werden, wozu sich am besten Schwarz-, Grau-, sowie Canadenser Pappeln eignen.

Ueber die Grösse der Düngerstätte entscheidet natürlich die Grösse des Viehstandes, die Zeit, durch welche unter den für die Abfuhr ungünstigsten Verhältnissen der Dünger auf derselben lagert und die Höhe, bis zu welcher der Dünger aufgeschichtet wird. Bei 1·3 Meter Höhe rechnet man pro Pferd 10 Quadratmeter, für das Rind 7 Quadratmeter, für das Schwein 2 Quadratmeter, für das Schaf 0·75 Quadratmeter.

Am einfachsten berechnet man die erforderliche Grundfläche pro Stück in folgender Weise:

Eine Kuh bekomme 15 Kilogramm Trockensubstanz im Futter; die pro Stück verwendete Streu betrage täglich 5 Kilogramm. Das Futter und die Streu werde mit 2·3 multiplicirt, um das Gewicht des feuchten Düngers zu erhalten. 1 Cubik-Decimeter wiege 0·6 Kilogramm. Der Mist soll durch 90 Tage Platz finden und nicht höher als 1·8 Meter aufgeschichtet werden:

$$\frac{2{\cdot}3\ (15+5)\ 90}{18.0{\cdot}6} = 3{\cdot}83 \text{ Quadratmeter.}$$

Die bequemste und zugänglichste Form ist die eines Rechteckes; die kürzeren Seiten können rechtwinkelig oder bogenförmig abgerundet sein. Die Sohle der Düngerstätte darf nicht zu tief ausgehoben werden, höchstens bis auf 0·5 Meter, braucht aber auch gar nicht vertieft zu sein. Der Jauchenbehälter oder Jauchenbrunnen soll eine solche Lage haben, dass von ihm aus der Dünger nach allen Richtungen mit Jauche begossen werden kann. Dabei ist zu beachten, dass zum Abfliessen der Jauche aus dem Stalle für die Sohle des Jauchencanals ein hinreichendes Gefälle herauskommt, z. B. 1:60, 1:80, Minimum 1:200. Aber auch die Sohle der Düngerstätte muss ein entsprechendes Gefälle haben, damit die sich ansammelnde Jauche wieder gegen die Jauchengrube abfliessen kann. Sonach kann die Sohle entweder muldenförmig vertieft oder etwas gewölbt werden. Von der tiefsten Stelle fliesst die sich ansammelnde Jauche

in den Jauchenbrunnen. Die Sohle muss undurchlässig sein und wird entweder gleich einer Tenne aus festgestampftem Thon hergestellt, oder sie wird, was besser ist, ausgepflastert und die Steine mit Cement verbunden; sonst kann es kommen, dass die Verluste, welche durchs Versickern der Jauche eintreten, sehr gross werden. Ritthausen wies bei einer durchlassenden Düngergrube in Waldau nach, dass der im Laufe der Jahre stattgehabte Verlust 16.000 bis 25.000 Kilogramm Phosphorsäure betrug und dass ausserdem 15.000 bis 20.000 Kilogramm Kali versickerten.

Die Mauer oder der Wall welcher die Düngerstätte umgibt, braucht nicht über 0·5 Meter hoch zu sein, kann wohl auch ganz fehlen; nur muss dafür gesorgt werden, dass von der Düngerstätte auch bei den stärksten Regen nichts in die Umgebung, es wäre denn in die Jauchengrube, abfliesst; ebenso aber, dass auch vom Hofwasser nichts zufliesst. Leider wird nicht nur beim bäuerlichen Besitzer, sondern auch auf manchen Grossgütern wenig darauf geachtet; der werthvollste Extract der Düngerhaufen fliesst in Gruben und auf die Strasse, oder es fliesst alles Hofwasser in die Düngerstätte zusammen, die zu Zeiten einen förmlichen Sumpf oder Teich vorstellt.

Die Grösse des Jauchenbrunnens ist nur annähernd zu bestimmen und besser reichlicher zu bemessen. Soll der Behälter nur als Ansammlungsort dienen und wird die Jauche stets wieder zum Begiessen des Düngers verwendet oder der Jauchendüngung wegen ausgeführt, so genügt pro Stück ein Jauchenraum von 40 bis 50 Cubik-Decimeter. Ist aber keine Gelegenheit zur Abfuhr und ist das Begiessen des Düngers durch längere Zeit auszusetzen, sollte durch karge Streu wenig Jauche absorbirt werden, so kann man pro Stück auch mehrere 100 Cubik-Decimeter Rauminhalt für die Grube rechnen.

Die Jauche wird aus dem Jauchenbrunnen mittelst Handschöpfern mit langem Stiel oder Saugpumpen aus Holz, mittelst Kettenpumpen, am bequemsten mittelst der doppeltwirkenden drehbaren Saug- und Druckpumpe herausgeschöpft und entweder durch hölzerne, auf Holzböcke gelegte Rinnen vertheilt oder mittelst der letztgenannten Pumpe in Form eines Strahles über den Düngerhaufen geleitet.

Eine Bedachung der Düngerstätte ist nicht erforderlich.

Ueber die Ausbreitung des Stallmistes auf den Düngerstätten ist zu bemerken, dass nicht die ganze Fläche auf einmal belegt werden darf, sondern vorerst nur ein Theil der Grundfläche bis zur vollen Höhe bedeckt wird. So kann man bei einer rechteckigen Düngerstätte entweder gleich mit der ganzen Breite oder mit der halben Breite beginnen und geschieht dies an einem, und zwar dem entferntesten Ende vom Stalle. Der Mist wird schief aufgeführt, erhält seine volle Höhe, sobald dies möglich ist, am Ende und so wird stetig die volle Höhe immer weiter nach rückwärts erreicht. Sobald grössere Massen bis zur vollen Höhe aufgeführt sind, erfolgt zum Schutz vor Verlusten die Bedeckung mit einer Erdschicht. Es können auch zwei Haufen parallel neben einander aufgeführt werden, wobei der erste ganz fertig sein muss, bevor der zweite in Angriff genommen wird. An den Seitenwänden können Wülste, Wellen oder Zöpfe hergestellt werden, die, in der Mitte zurückgelegt und festgetreten, eine feste senkrechte Wand bilden helfen. Der auf die Düngerstätte geführte Mist muss gut vermischt, gleichförmig gebreitet und festgetreten werden.

Zu diesem letzteren Zweck ist auch der Auftrieb des Viehes auf den Düngerhaufen empfohlen worden. Gleichmässig dichte Lagerung ist auf eine gleichmässige Zersetzung des Düngers von grösstem Einflusse. Fehlen lufterfüllte Räume im Haufen, so wird die Zersetzung überhaupt am wirksamsten verzögert; finden sich aber grössere lufterfüllte Räume, so entstehen von hier aus Schimmelbildungen, die sich durch alle lockerer geschichteten Stellen des Mistes hindurchziehen und ihn klumpig und deshalb weniger vertheilbar machen. Die Erhaltung des richtigen Feuchtigkeitsgrades ist eine Hauptforderung, der man durch wiederholtes Begiessen mit Jauche nachkommen muss. Zu grosse Nässe ist nicht erwünscht, weil dabei eine Auslaugung des Mistes statthat; wird er zu trocken, dann erhitzt er sich wieder sehr stark, die Zersetzung ist eine sehr lebhafte und das Dampfen der Misthaufen ist dann ein Zeichen der eintretenden Verluste. Es entweichen als Zersetzungsproducte Kohlenwasserstoff und Kohlensäure, kohlensaures Ammoniak und Schwefelwasserstoff.

Man verhütet die Verluste durch die Erdbedeckung, die durch das Begiessen mit Wasser feucht erhalten werden muss;

durch Zusatz, d. h. Besprengung des Haufens mit verdünnter Schwefelsäure, wobei man 5 bis 10 Kilogramm Schwefelsäure pro Stück Grossvieh im Jahre rechnen kann; durch Zusatz von Gyps, der in Pulverform ausgestreut wird und von dem pro Stück Grossvieh 30 bis 50 Kilogramm im Laufe eines Jahres verbraucht werden können. Eisenvitriol ist weniger zu empfehlen; auch die Salzsäure ist von der Verwendung auszuschliessen, da die Wirkung der Chloralkalien, die sich hiebei bilden, für viele Pflanzen eine qualitätverschlechternde ist. Die Wirksamkeit aller dieser Mittel besteht darin, dass sie das entweichende Ammoniak chemisch binden und zurückhalten.

Wir setzten bisher voraus, dass der Mist aller Nutzthiere auf einer gemeinschaftlichen Düngerstätte gemischt und behandelt wird; es kann aber auch eine getrennte Düngerwirthschaft bei der Pferde-, Rindvieh- und Schafhaltung angezeigt sein, wenn die Stallungen dieser Thiergattungen weit von einander entfernt sind oder die verschiedenen Bodenarten, welche zu düngen sind, es wünschenswerth erscheinen lassen sollten, dass der Rinds- oder Pferde- oder Schafdünger unvermischt zur Verwendung gelange.

Da die Rinder gewöhnlich mit verhältnissmässig feuchtem Futter ernährt werden, häufig Grünfutter, reichliches Wurzelfutter u. s. w. bekommen, so sind auch ihre Auswürfe wasserreicher und nehmen mehr Streu, $^1/_4$ bis $^1/_3$ der Trockensubstanz des Futters, in Anspruch. Wegen dieser grösseren Streumenge und wegen des höheren Wassergehaltes ist der Rindsdünger ein „kühler" Mist, der langsamer in Zersetzung übergeht, auch deshalb, weil sein Stickstoffgehalt ein geringerer ist. Rindsmist pflegt, weil von ihm in sehr vielen Wirthschaften die grössten Mengen gewonnen worden, als Normaldünger bezeichnet zu werden. Von ihm können für die gleiche Fläche grössere Mengen auf einmal gegeben werden, und eine solche Düngung wirkt dann auch länger nach. Sein durchschnittlicher Feuchtigkeitsgehalt im frischen Zustande beträgt 80 bis 85%.

Der Pferdemist ist im Gegensatze zum Rindsmist ein „hitziger" Dünger; er enthält weniger Streu beigemengt ($^1/_5$ bis $^1/_4$ der Trockensubstanz des Futters); er ist wasserärmer; er ist, wenn der sehr concentrirte Pferdeharn mit aufgesammelt wird, auch stickstoffreicher als der Rindsmist. Deshalb eignet

er sich besser als dieser letztere zur Düngung der schweren, trägen Böden. Der durchschnittliche Feuchtigkeitsgehalt beträgt 70 bis 75%.

Das Gleiche kann vom Schafmist gesagt werden, dem $^1/_6$ bis $^1/_4$ der Trockensubstanz des Futters an Streu beigefügt zu werden pflegt und in welchem der alkali- und stickstoffreiche Harn immer vollständig enthalten ist; im Mittel enthält derselbe nur 65 bis 70% Wasser.

Sollte die tägliche Production an feuchtem Dünger pro Stück Pferd, Rind und Schaf ermittelt werden, und zwar dem Gewichte nach, so könnte man diese Berechnung auf zweierlei Weise vornehmen. Entweder wird zur Hälfte des Gewichtes der Trockensubstanz des Futters das Gewicht des Streustrohes addirt und hieraus unter Berücksichtigung des Feuchtigkeitsgehaltes das Gewicht des feuchten Düngers berechnet oder man summirt das Trockengewicht des Futters sammt der Streu und multiplicirt mit einer durch Versuche gefundenen Reductionszahl (Dünger-Coëfficient), um die Menge des feuchten Düngers zu erhalten.

So beträgt beispielsweise die tägliche Düngerproduction:

1. Für das Pferd.

Trockensubstanz des Futters	16	Kilogr.	20	Kilogr.
Streu $^1/_5$—$^1/_4$	3·2 — 4	„	4 — 5	„
Zusam. $^1/_2$ Futter + Streu	11·2 — 12	Kilogr.	14 — 15	Kilogr.
a) Mistmenge bei einem Wassergehalte von 75% . .	44·8 — 48	„	56 — 60	„
b) Mistmenge bei einem Wassergehalte von 70% . .	37·3 — 40	„	47 — 50·0	„
Daraus ergibt sich die Reductionszahl je für *a* u. *b*	2·33 2·4 u. 1·9 u. 2·0		2·3 2·4 u. 1·96 u. 2·0	

2. Für das Rind.

Trockensubstanz des Futters	12	Kilogr.	20	Kilogr.
Streu $^1/_4$—$^1/_2$	3 — 4	„	5 — 6·7	„
Zusam. $^1/_2$ Futter + Streu	9 — 10	Kilogr.	15 — 16·7	Kilogr.
a) Mistmenge bei einem Wassergehalte von 85% . .	60 — 66·7	„	100 — 111	„
b) Mistmenge bei einem Wassergehalte von 80% . .	45 — 50·0	„	75 — 83·5	„
Reductionszahl	4·0 4·17 u. 3·0 u. 3·1		4 4·1 u. 3·0 u. 3·1	

3. Für das Schaf.

Trockensubstanz des Futters	1	Kilogr.	1·4	Kilogr.
Streu $1/6$—$1/4$	0·17 — 0·25	„	0·23—0·35	„
Zusam. $1/2$ Futter + Streu	0·67— 0·75	Kilogr.	0·93—1·05	Kilogr.
a) Mistmenge bei einem Wassergehalte von 70% . .	2·21— 2·5	„	3·1 — 3·5	„
b) Mistmenge bei einem Wassergehalte von 65% . .	1·91— 2·14	„	2·8 — 3·0	„
Reductionszahl	1·9 2·0 u. 1·63 u. 1·7		1·9 2·0 u. 1·7 u. 1·7	

Natürlich gelten diese Zahlen nur für ganz frischen Dünger und würde, sobald der Wassergehalt sich bei länger dauernder Aufbewahrung verringert oder der Gehalt an organischen Substanzen in Folge fortgeschrittener Zersetzung sich vermindert hätte, das Gesammtgewicht an producirtem Dünger für eine bestimmte Viehzahl und Zeitperiode der Dünger-Erzeugung ein ganz anderes, und zwar namhaft geringeres sein. Deshalb sind auch die in der Literatur vorkommenden Dünger-Coëfficienten kleiner, was auch darin begründet ist, dass für derartige Berechnungen das Futter und die Streu in lufttrockenem Zustande angesetzt zu werden pflegen. (Für Rinder: Thaer 2·3, Burger 2·0, Schweizer 2·0, Hlubek 3·0, Block 1·87; für Schafe: Wolff 1·25, Block 1·28.) — Wie bedeutend der Verlust bei der Aufbewahrung ist, zeigt sich aus einem Versuche von Wolff, welcher bestimmte Mengen von Mist mit und ohne Zusatz von Holzkohle, Aetzkalk und Gyps, theils im Freien, theils unter einer Bedachung aufbewahrte. Nach 15 Monaten betrug der Gehalt an organischer Substanz von der ursprünglichen Menge in Procenten nur noch:

	Im Freien	Unter Dach			
	ohne Zusatz	ohne Zusatz	mit Kohle	Aetzkalk	Gyps
Organische Substanz .	25·2	33·8	34·8	44	40
Stickstoff	44·1	67·6	71·0	92·5	77·5

daher sich der Zusatz von Aetzkalk am wirksamsten zeigte, was aber nur dann der Fall ist, wenn solcher gleich zur frischen Substanz beigemischt wird.

Handelt es sich nicht um das Gewicht der producirten Düngermenge, welche, wie wir gesehen haben, je nach dem Feuchtigkeitsgehalt ausserordentlich schwanken kann, sondern um quantitative Angaben über seinen Gehalt an den wichtigsten Nährstoffen, z. B. Stickstoff, Kali, Phosphorsäure, Kalk und Magnesia, so können zweierlei Berechnungsmethoden angewendet

werden. Entweder wird eine Durchschnittsprobe des Düngervorrathes analysirt und darnach sein Gehalt an den genannten Stoffen berechnet; in Ermanglung einer speciell für diesen Zweck ausgeführten Analyse eine der bekannten Durchschnitts-Analysen zu benützen, ist ganz unsicher. Oder man berechnet den Stoffgehalt direct aus den verwendeten Futtermitteln und der Einstreu; die Sicherheit dieser Berechnungsweise hängt von dem Vorhandensein verlässlicher Analysen der gebräuchlichen Futterstoffe und Streumaterialien und der richtigen Auswahl derselben ab.

Bei Thieren, wo es nicht auf Erzeugung thierischer Producte ankommt, ist die Berechnung eine sehr einfache. Nachdem aller Stickstoff und alle Aschenbestandtheile der Futterstoffe im Harn und im Koth sich wiederfinden und auch vom Stickstoff und der Asche der Streumaterialien nichts verloren gehen kann, ist eben nur der durchschnittliche Gehalt des verwendeten Futters und der gesammten Streu für die ganze Periode zu summiren, in welcher der Dünger gewonnen wurde.

Wenn aber die Thiere nicht blos auf dem Erhaltungsfutter stehen, wie Zugochsen und Zugpferde, sondern Milch oder Wolle, Zuwachs an Fleisch und Fett, wie bei den Mastthieren, Zuwachs an jungen Thieren liefern, muss der Stickstoff und der Aschengehalt dieser thierischen Producte in Abzug gebracht werden. Der Rest ergibt den Gehalt, welcher in den Dünger übergegangen ist und der Natur der Sache nach in jedem einzelnen Falle verschieden sein muss.

An einem Beispiel sei die letztgenannte Berechnungsweise vorgeführt. Es sei die Menge der Trockensubstanz, ferner der Gehalt an Stickstoff, Kali, Phosphorsäure und Magnesia eines Düngervorrathes zu berechnen, welcher sich von 10 Stück Melkkühen durch 50 Tage angesammelt hat.

Die Fütterung pro Stück und Tag war folgende:

7	Kilogramm	Luzerneheu	(16 % Wasser)	Trockensubstanz	5·88
10	„	Futterrüben . . .	(88·3% „)	„	1·17
5	„	Futterstroh (Gerste)	(14 % „)	„	4·3
2	„	Maisschrot	(13·6% „)	„	1·73
					13·08

Streu: 4 Kilogramm Weizenstroh, 14·1% Wasser. Also 3·44 Kilogramm Trockensubstanz; ziemlich genau $^1/_4$ der Trockensubstanz des Futters an Streu.

Berechnung des Gewichtes an feuchtem Miste: Wenn wir den Feuchtigkeitsgehalt mit 75%, den Gehalt an Trockensubstanz also mit 25% annehmen, so wäre die tägliche Düngerproduction pro Stück $= \frac{100}{25}\left(\frac{13{\cdot}08}{2} + 3{\cdot}44\right) = 39{\cdot}92$ Kilogramm, und der Dünger-Coëfficient 2·44; die Gesammtmenge würde an feuchtem Mist betragen 19960 Kilogramm.

Gehalt in 1000 Kilogramm	Trocken-substanz	Stickstoff	Kali	PO_5	Magnesia
	Kilogramm				
Luzerneheu	840	23	15·2	5·1	3·5
Futterrüben	117	1·8	4·9	0·8	0·4
Futterstroh	860	4·8	9·3	1·9	1·1
Maisschrot	864	16·0	3·3	5·5	1·8
Streustroh	859	3·2	4·9	2·3	1·1
Milch	126	6·4	1·7	1·9	0·2
Kälberzuwachs	330	18·0	2·4	13·8	0·5
Verfüttert wurde:					
Luzerneheu 7. 10. 50 Kil.	2940	80·5	53·2	17·85	12·25
Futterrüben 10. 10. 50 „	585	9·0	24·5	4·0	2·0
Futterstroh 5. 10. 50 „	2150	12·0	23·25	4·75	2·75
Maisschrot 2. 10. 50 „	864	16·0	3·3	5·5	1·8
Streustroh 4. 10. 50 „	1718	6·4	9·8	4·6	2·2
Zusammen	8257	123·9	114·05	36·70	21·00
Abzug für die Milch 6. 10. 50 Kilogramm	—	19·2	5·1	5·7	0·6
Kälberzuwachs 70 Kilogr.	—	1·26	0·17	0·97	0·03
Zusammen	—	20·46	5·27	6·67	0·63
Verbleibt daher in 19960 Kilogramm Dünger . .	—	103·44	108·78	30·03	20·37
1 metr. Centner enthält	—	0·52	0·54	0·15	0·10

In einem von Völker untersuchten Stallmist fanden sich in 100 Gewichtstheilen:

	frisch	stark zersetzt
Wasser	66·2	75·4
Organische Substanz . . .	28·2	16·5
Darin: Stickstoff	0·64	0·6
Asche	5·59	8·05
Darin: Kali	0·67	0·49
Kalk und Talkerde . . .	1·92	2·76
Phosphorsäure	0·31	0·45
Schwefelsäure	0·11	0·12
Kieselsäure	1·76	2·69

Der Vergleich dieser beiden Beispiele zeigt, dass sowohl der Gehalt an den wichtigsten Stoffen als das Verhältniss derselben zu einander sehr verschieden ist.

d) Anwendung des Stallmistes.

Vor Allem ist hier die Frage zu beantworten, ob es vortheilhafter sei, frischen Dünger sobald als möglich auszuführen und unterzubringen, oder ob nicht ein längeres Liegenlassen und Abfaulen auf der Düngerstätte abzuwarten sei? Man kann nicht sagen, dass unter allen Verhältnissen das eine oder das andere Verfahren vorzuziehen wäre, vielmehr wird es von klimatischen Verhältnissen und von der Bodenbeschaffenheit abhängig sein, ob frischer oder stärker zersetzter Mist zu verwenden ist. In wärmeren Gegenden zersetzt sich der Stalldünger auch im Boden sehr rasch, wenn es ihm nur nicht an Feuchte gebricht; da soll also der Stalldünger so rasch als möglich in den Boden gebracht werden. In nördlichen feuchten Ländern ist die Thätigkeit des Bodens eine weit weniger energische; da wird der Mist, länger im Haufen belassen, weit früher in jenes Stadium der Zersetzung gelangen, wo er am wirksamsten ist. In leichten, warmen, thätigen Böden ist ein frischer Mist angezeigt; für schwere, träge Böden solcher, der in der Zersetzung weitere Fortschritte gemacht hat und sich besser vertheilt.

Würde angenommen werden können, dass eine sorgfältige Behandlung des Stallmistes jeden Verlust an werthvollen Stoffen, Jauche, insbesondere Ammoniak, verhindert und dass nur der Kohlenstoffgehalt eine merkbare Verminderung zeigt, so wäre wohl ein längeres Liegenlassen des Stallmistes unter den meisten Verhältnissen angezeigt. Die Vortheile des älteren Stallmistes sind folgende:

1. Er ist besser zu vertheilen als der frische langstrohige Mist;
2. er macht den lockeren und leichten Boden bindiger;
3. er wirkt schneller und kräftiger;
4. die Transportkosten sind weit geringer und seine Unterbringung ist eine sehr gute;
5. von den Unkrautsamen sind bei der längeren Lagerung des Mistes viele zerstört.

Der einzige Nachtheil besteht in den möglichen Verlusten bei nicht angemessener Aufbewahrung und manchmal auch

darin, dass er, weil er rascher zur Wirkung gelangt, bei den Getreidearten leichter das Lagern herbeiführt als der frische Mist.

Dem frischen Mist wird nachgerühmt, dass er ausgiebiger ist, weil er eben noch keine Verluste erfahren hat; dass er länger anhält; dass er den bindigen Boden besser lockert. Dagegen haftet ihm als Nachtheil an, dass er weit schwerer und ungleichförmiger sich im Boden vertheilt, das Pflügen und Eggen erschwert und mehr keimfähige Unkrautsamen enthält.

Sind auf einer Düngerstätte Haufen verschiedenen Alters, so wird immer der zuerst fertig gewordene zunächst ausgeführt. Geladen wird in der Weise, dass der Haufen abschnittweise von oben bis auf den Grund angebrochen wird, damit eine bessere Vermengung der in der Zersetzung ungleich weit vorgeschrittenen Schichten erfolge. Es braucht nicht erst bemerkt zu werden, dass man so zu laden hat, dass keine Verluste beim Transport entstehen.

Es wird nun sehr darauf zu achten sein, dass die Vertheilung auf dem Felde eine möglichst gleichförmige sei, vorausgesetzt, dass die gleichmässige Beschaffenheit des Feldes eine gleichmässige Düngung beansprucht. Um aber eine solche gleichmässige Vertheilung vornehmen zu können, muss bestimmt und bekannt sein:

1. Die Grösse des Feldes;
2. die Stärke der Düngung, ausgesprochen in Meter-Centnern pro Hektar;
3. das Gewicht einer Wagenladung.

Wollte man pro Hektar 250 Centner Dünger rechnen, betrüge eine Wagenladung 10 Meter-Centner, so bekäme 1 Hektar 25 Wagenladungen zugeführt. Würde ferner von einem Wagen der Inhalt in 10 Häufchen abgezogen (zu 1 Meter-Centner), so wäre ein solches Häufchen auf je 40 Quadratmeter zu rechnen, d. h. es könnten die Häufchen in Reihen abgeladen werden, die 10 Meter von einander entfernt wären, in den Reihen käme auf je 4 Meter ein Häufchen zu 1 Meter-Centner. Auf 1 Quadratmeter kämen somit 2·5 Kilogramm feuchter Mist oder bei 75% Wassergehalt an trockenem Mist 0·62 Kilogramm, woraus hervorgeht, dass Stallmistdüngungen, welche über und über verbreitet werden sollten, nach unten zu ihre Grenze haben, da z. B. bei 150 Centner für 1 Hektar auf den Quadratmeter

nur 1·5 Kilogramm kämen, welche sich kaum mehr gleichförmig vertheilen und verbreiten liessen.

Es wird angemessen sein, durch Jemanden, dessen Schrittmass verlässlich ist, das Feld abschreiten zu lassen, damit er die Abladeplätze, am besten durch einen Schaufelstich, markire.

Mitunter kann auch eine ungleichförmige Vertheilung eines bestimmten Quantums Dünger auf einzelnen Feldern angezeigt sein, wenn die Beschaffenheit des Bodens dies verlangen sollte; fruchtbarere, etwas tiefere und tiefgründigere Stellen werden weniger zu düngen sein als solche, die höher gelegen oder flachgründiger sind. Im Falle einer solchen ungleichförmigen Vertheilung ist aber das Feld nach einem bestimmten Plane markiren zu lassen.

Bezüglich der Stärke der Stallmistdüngungen, welche zu geben sind, nimmt Einfluss die Beschaffenheit des Mistes, ob sehr feucht oder weniger feucht, ob mit viel oder ob mit wenig Streu vermengt, ob sammt Harn gewonnen oder nicht, ob wenig oder stark abgefault. Aber auch Boden und Klima, Culturzustand, Vorfrucht und die anzubauende Pflanze selbst, die Zahl der Schläge der Fruchtfolge kommen in Betracht.

Da die Vertheilung des klumpenweise zusammenhängenden Mistes bei ganz geringen Mengen nicht möglich ist, so kann eine Düngung mit 150 Meter-Centner pro Hektar als eine geringe Düngung angesehen werden, 200 bis 300 Meter-Centner können als eine gewöhnliche, 300 bis 400 Meter-Centner als eine starke, 400 bis 500 als eine sehr starke bezeichnet werden.

Von Natur fruchtbarer Boden bedarf einer schwächeren Düngung als armer; auf ersterem braucht erst in 4 bis 5 Jahren wieder gedüngt zu werden, während die Düngung auf geringem Boden nur 2 bis 3 Jahre anhält; leichter, thätiger Boden soll deshalb öfter, aber schwächer gedüngt werden. Feuchte, kühle Klimate erfordern stärkere Düngungen, verlangen überhaupt mehr Zuschuss als milde und warme, weil ja dort die Verwitterung weniger zuschiesst.

Je höher der Culturzustand eines Bodens ist, desto weniger liebt man es, die einzelne Düngung sehr stark zu geben; man zieht vor, lieber öfter und schwächer zu düngen, oder so, wie es die anzubauenden Pflanzen eben verlangen. Ueberhaupt ist es ja, wenn dies sonst die ökonomischen Verhältnisse gestatten,

als Ideal anzustreben, alljährlich das dem Boden ganz oder zum Theil zu ersetzen, was ihm durch die abgeerntete Frucht entnommen wurde oder was die künftige Saat braucht. Schwächere aber öfters wiederkehrende Stallmistdüngungen und gleichzeitig oder nacheinander stattfindende Verwendung von Handelsdüngern oder Compost charakterisiren schon jetzt viele der hervorragendsten intensiven Landwirthschaften.

Nach Vorfrüchten, welche den Boden im landwirthschaftlichen Sinne bereichern, ist eine Düngung oft gar nicht nöthig oder sie braucht nicht stark zu sein. Für Pflanzen, welche den Boden stark angreifen, die sich in kurzer Zeit massenhaft entwickeln, für Pflanzen, die viel Culturaufwand bedingen, sind stärkere Düngungen angezeigt, während für schonende Pflanzen und für solche, die sich leicht lagern, eine mittlere oder selbst schwache Düngung gegeben wird.

Endlich kann das Feldsystem allein, ganz abgesehen von allen übrigen Umständen, auf die Stärke der Düngung Einfluss nehmen. Je nach der Zahl der Schläge eines Umlaufes oder einer Rotation muss eine Düngung oft für 2, 4 bis 5 Jahre dienen; innerhalb des ganzen Umlaufes bleibt die aufgewendete Düngermenge im Ganzen pro Hektar gleich; aber je nachdem in diesem Zeitraum öfter oder seltener gedüngt wird, kann die jedesmalige Stärke der Düngung eine sehr verschiedene sein. Wenn beispielsweise der Umlauf ein 12jähriger ist und jedes Hektar der Rotation in dieser Zeit 1200 Meter-Centner Dünger erhält, so wird, wenn in jedem

2. Jahre gedüngt wird, die Düngung 200 Meter-Centner
3. „ „ „ „ „ 300 „ „
4. „ „ „ „ „ 400 „ „

betragen.

Der früher üblich gewesene Gebrauch, hinter einer jedesmaligen stärkeren Düngung eine ganze Reihe von Pflanzen folgen zu lassen bis zur merkbaren Erschöpfung des Bodens, kann aber nicht empfohlen werden, vielmehr muss getrachtet werden, das Land stets in voller Kraft zu erhalten. Man soll daher lieber öfter, alle zwei Jahre düngen. Man verlasse sich auch nicht auf den Stallmist allein, weil dieser den Ersatz nicht immer in der wünschenswerthen Weise leistet, indem man ihn mit dem zu ergänzen sucht, was ihm fehlt.

Welche Pflanzen in die erste, welche in die zweite Tracht zu kommen haben, darüber entscheiden verschiedenartige Rücksichten. So besteht eine Regel, welche sagt, vor Allem solle diejenige Frucht die Düngung erhalten, welche dieselbe am sichersten lohne. Man wird die frische Düngung vermeiden bei Pflanzen, deren Producte in irgend einer unerwünschten Weise beeinflusst werden könnten (z. B. bei Lein, Zuckerrüben), oder bei welchen in Folge zu üppiger Entwicklung eine Lagerung eintreten könnte.

Wenn wir nun auf die Ausfuhr des Stallmistes auf die Felder zurückkommen, so wird vor Allem zu vermeiden sein, den in Häufchen abgeladenen Mist längere Zeit in solchen liegen zu lassen. Denn würde er etwa durch einen Regen ausgelaugt, so würden diese Düngerstellen sehr reichlich durch den Extract mit Nährstoffen versehen, und der nachmalige Wuchs der Saaten an diesen Stellen wäre ein weit üppigerer als an den übrigen; Ungleichwüchsigkeit und ungleiche Entwicklung (Geilstellen) wären die Folge. Die gleichmässige Ausbreitung des Stallmistes sofort nach der Ausfuhr auf dem Felde soll also ohne Verzug geschehen. Ob der ausgebreitete Dünger dann auch allsogleich untergepflügt wird oder nicht, hat weniger zu bedeuten. Jedenfalls sind die Verluste, die er offenliegend auf dem Felde erfährt, keine grossen. Ist es trocken, so trocknet er rasch aus und der Verlust bezieht sich nur auf das Wasser; wird er beregnet, so wird er zwar ausgelaugt, aber dem Felde geht dabei nichts verloren, es wäre denn, das das Feld gefroren wäre und bei einem stärkeren Gefälle ein Abfliessen des Schnee- und Regenwassers stattfände. In einem Boden, der keinen Ueberfluss an Feuchte hat, soll man den feuchten frischen Mist recht bald einackern; in einem, der Ueberfluss an Feuchte hat, wird ein stärkeres Austrocknen desselben abgewartet werden können.

Nachdem der Landwirth oft nothgedrungen an die Abfuhr des Mistes von der Düngerstätte schreiten muss, weil dieselbe keine weitere Ansammlung mehr gestattet, oder weil die Arbeitskraft sonst in keiner Weise zweckmässige Verwendung findet, und in solchen Fällen das zu düngende Feld gerade unzugänglich sein kann, weil es entweder noch nicht abgeerntet wurde oder aber wegen zu grosser Nässe nicht befahren werden darf: wird

es vorkommen, dass man den für einzelne Feldschläge bestimmten Düngervorrath an dem Rande derselben vorläufig in einen Haufen zusammenführt, wobei zu trachten ist, dass Verlusten möglichst vorgebeugt werde. Sonach wird man eine erhöhte, trockener gelegene Stelle des Feldrandes aussuchen, wo durch das Tagewasser oder bei etwaiger Ueberschwemmung keine Auslaugung zu befürchten ist. Man wird den Dünger in ein reguläres Prisma zusammenschichten und wenn er längere Zeit lagern soll, auch mit einer Erdbedeckung versehen. Immer wird aber diese provisorische Ausfuhr nur im ärgsten Nothfall vorzunehmen sein, denn das Auf- und Abladen und die provisorische Aufschichtung verursacht ja einen nicht unbedeutenden Aufwand, der bei directer Mistausfuhr auf das Feld erspart wird.

2. Jauche.

Die Jauche, welche sich aus dem Stalle und der Düngerstätte in der Jauchengrube ansammelt, ist, je nachdem sie mit mehr weniger Wasser vermengt worden ist oder gar kein Wasser zugeführt erhalten hat, in ihrer Concentration ausserordentlich verschieden. Bei starker Verdünnung sind die Verluste in Folge der weitergehenden Zersetzung nur gering; ist sie concentrirt, dann können sie sehr beträchtlich werden, weshalb für Bindung der flüchtigen Stoffe gesorgt werden muss. Nach Payen beträgt der Verlust, den der Harn durch Gährung innerhalb 34 Tagen bei 20° Celsius erleidet, bis 70% des Stickstoffgehaltes. Wird anfangs fauliger Harn zugesetzt, so kann der Verlust in 13 Tagen schon auf 85% steigen. Um den Harn vor Verlust zu bewahren, setzt man Kalk zu, jedoch bevor die Gährung eingetreten; 5% Kalkhydrat sind zur Conservirung der stickstoffhältigen Bestandtheile ausreichend. Die Jauche unterscheidet sich vom Harn in ihrer Zusammensetzung insofern, als sie einen Theil des Gehaltes der Fäces auflöst und namentlich an Phosphorsäure reicher wird, wie aus nachstehenden Analysen entnommen werden kann.

	Harn von			
	Pferd	Rind	Schaf	Mistjauche
Wasser	87—92	92—95	85—90	98·2
Organische Substanz .	6·9	3·2	5—10	0·7
Stickstoff	1·5	0·3—0·9	1·3—2·5	0·15
Kali	1·6	1·3	2·7	0·49
Phosphorsäure . . .	0	0	Spur	0·01
Asche	3·1	3·1	3·2—6	1·07

Die Anwendung der Jauche ist eine sehr verschiedene. Einerseits empfiehlt man, und ich möchte mich diesem Rathe anschliessen, sie ausschliesslich zum Begiessen des Stallmistes und des Compostes zu verwenden; andererseits empfiehlt man, sie als flüssige Düngung auszuführen, was aber voraussetzt, dass sie in grossen Mengen vorhanden sei und beim Begiessen der Düngerhaufen nicht aufgebraucht werde. Dass solch' flüssiger Dünger schneller als Stallmist wirken müsse, ist begreiflich, ebenso einleuchtend ist aber auch, dass er nur einseitig durch seinen Kali- und Stickstoffgehalt wirken könne. Nachtheil kann auch bei unvorsichtiger Anwendung zu concentrirter Jauche dadurch erwachsen, dass die begossenen Pflanzen ganz absterben können; dabei sind die Gräser am wenigsten empfindlich, mehr ist dies der Fall bei Kleepflanzen. Darum räth man, frische Jauche nur auf unbewachsenen Boden auszuführen; dies nur bei feuchtem Boden zu thun und bei feuchter Witterung, nicht bei trockener; die Vertheilung ist sorgsam zu reguliren, die Jauche gehörig abfaulen zu lassen und zu verdünnen. Die Vertheilung erfolgt mit Jauchekarren, mittelst Jauchefässern, aus welchen der Abfluss durch Siebe oder ein Vertheilungsbrett gehörig regulirt wird. Wegen der grösseren Kosten der Ausfuhr wird die Jauche meist nur auf nahe gelegene Grundstücke vertheilt, hauptsächlich auf Wiesen, Futterfeldern, aber auch auf Saaten von Getreide, selbst Oelfrüchten u. s. w.

Die Jauchendüngung wird immer nur eine Nebendüngung abgeben, wird nur Kali und Stickstoff ersetzen können. Enthielte sie 0·3% Kali, so brauchte man zum Ersatz von 20 Kilogramm Kali pro Hektar $\frac{20}{0{\cdot}003} = 66{\cdot}66$ Meter-Centner; sollen 50 Kilogramm Stickstoff mit der Jauche aufgebracht werden, so benöthigt man $\frac{50}{0{\cdot}0015} = 333{\cdot}33$ Meter-Centner.

In der Schweiz, in Belgien (flandrischer Dünger) wird flüssiger Dünger auch in der Art bereitet, dass sowohl die Fäces als die Jauche mit Wasser vermischt in grösseren Behältern, die im Stalle oder auch ausserhalb desselben sich befinden können, abfault und so die Gülle gewonnen wird, welche dann gleich der Jauche Anwendung findet. Entweder wird bei diesem Verfahren gar nicht gestreut oder es wird die Streu in der Gülle

abgespült, hierauf getrocknet und wiederholt als Streu verwendet. Wegen der vielen Arbeit ist das Verfahren nur für kleine Wirthschaften anwendbar; sein Vortheil besteht etwa darin, dass die Wirkung sehr rasch eintritt, dass statt Düngerstätten nur einige Güllegruben oder Cisternen erforderlich sind, dass man sich mit ihr auch ohne Streu behelfen kann, dass keinerlei Verluste eintreten, wenn namentlich die Bindung der flüchtigen Stoffe nicht versäumt wird; auch die Vertheilung ist eine möglichst vollkommene. Die Gülle sagt dem Gras am meisten zu, ist aber im richtigen Grad der Verdünnung für alle Gewächse anwendbar. Versuchsweise hat man in England auf einigen Farmen gleichfalls solche Einrichtungen getroffen, dass aller Mist in flüssigen Dünger umgewandelt und dann mittelst eines Röhrennetzes auf die Felder geleitet worden ist; allein die Anlagen erwiesen sich als zu kostspielig und die Umwandlung der festen Stoffe in flüssige Form zu umständlich.

3. Pferch.

Unter Pferch- oder Hordendüngung versteht man jene Massregel, durch welche eine directe Entleerung der Excremente auf dem zu düngenden Felde veranlasst wird, indem man die Thierheerde oder Thierkoppel meist zur Nachtzeit (oder auch während der Mittagsstunden) auf dem zu pferchenden Felde in einem umfriedeten Raume einschliesst. Die Einfriedung kann mit Holzlatten, Flechtzäunen, Strick- und Drahtgeflechten geschehen. Wenn gleich alle Nutzthiere hiebei verwendet werden könnten, so pfercht man doch gewöhnlich nur mit Schafen (grobwolligen, robusten Schafen; Merinos nur im Hochsommer oder in günstigen Klimaten), und dies gewöhnlich nur auf entlegenen Feldern, auf welche der Transport des Stalldüngers zu grosse Kosten verursacht. In unserem Klima kann nur von Mitte April bis Ende September oder Mitte October an ein Uebernachten der Schafe oder anderer Thierarten im Freien gedacht werden; bei anhaltend nassem oder stürmischem Wetter oder nassem Felde muss das Einhürden der Thiere unterlassen werden.

Entweder lagern die Thiere ohne Streu oder man verwendet langen Häcksel; immer muss das Feld vorher gut und sorgfältig bearbeitet sein. Damit innerhalb des Pferches sich

die Excremente gleichförmig vertheilen, müssen die Schafe verhältnissmässig eng zusammengesperrt werden. Man kann pro Schaf 1 Quadratmeter, aber auch 1·5 bis 2·0 Quadratmeter rechnen; darnach ist die Düngung eine stärkere oder schwächere. Rechnet man pro Schaf 1 Quadratmeter und 1 Kilogramm Trockensubstanz an Futter und keine Streu, so macht dies die Hälfte der Excremente eines ganzen Tages für den Pferch gerechnet und mit dem Dünger-Coëfficienten 1·6 an feuchtem Mist pro Hektar 160·2 Meter-Centner, was einer schwachen Düngung gleichkommt.

Die Schafe können aber auch durch zwei Nächte an derselben Stelle belassen werden, oder man rückt von Nacht zu Nacht um ein Stück vor, bis das ganze Feld bepfercht ist. Die Unterbringung des Düngers soll bald geschehen, auch ist das Gypsen des Hordendüngers vor seiner Einackerung zu empfehlen. Meist wird die Pferchdüngung vor der Saat angewendet, seltener und nur mit Vorsicht als Kopfdüngung bei der aufgelaufenen Saat.

4. Fäcalien.

Weil alle Feldproducte, ebenso die Erzeugnisse der Wiesen und Weiden, welche nicht direct für den menschlichen Consum bestimmt sind, zum allergrössten Theil in den Stallmist und verschiedene Composte übergehen, also für den Boden keinen Verlust bedeuten, verarmt derselbe hauptsächlich nur insoferne, als die werthvollsten Pflanzen- und thierischen Producte in die Städte gelangen, in welchen die Abfälle der Menschen dem Boden meist unwiderbringlich verloren gehen. Würde es möglich gemacht werden können, auch die Abfälle der Menschen in den Städten der Landwirthschaft und dem Feldbau dienstbar zu machen, so wäre an eine Störung des Gleichgewichtes der Bodenkraft im Grossen und Ganzen nicht zu denken, vielmehr würde bei noch überall thätiger Verwitterung die Fruchtbarkeit ganz bedeutend zunehmen müssen.

Offenbar ist diese auffällige Verschwendung, welche in der Nichtbenützung der menschlichen Excremente liegt, durch die leider nicht wegzuleugnende Thatsache gegeben, dass zur Ansammlung der Fäcalmassen in den Städten schon umständlichere und für die Bequemlichkeit des Menschen weniger erwünschte

Einrichtungen nothwendig sind und dass die Benützung der menschlichen Auswurfsstoffe grosse Transportkosten verursacht, welche von der Landwirthschaft nur bei sehr intensivem Betrieb getragen werden können — wenn auch nicht direct, indem die Landwirthe selbst die Einrichtungen besorgen, so doch indirect, indem sie hohe Preise für die menschlichen Excremente zu bezahlen hätten. Uebrigens finden wir, dass überall dort, wo es durch die wirthschaftlichen Verhältnisse angezeigt war, die menschlichen Auswurfsstoffe selbst schon im Alterthume in der Landwirthschaft Verwendung gefunden haben. Im alten Rom ist der Inhalt der Cloaken sorgsam zur Düngung der in der Nähe der Stadt befindlichen Gärten gebraucht worden, wie denn auch die übrigen Düngungsmethoden der Römer das Gepräge einer sehr intensiven Wirthschaft an sich tragen. Die Araber sollen sogar schon lange vor unserer Zeitrechnung nicht blos die menschlichen Excremente als Dünger benützt, sondern auch eine Art Umwandlung derselben in eine transportable Form, also eine wahre Poudrette-Fabrication betrieben haben.

Der Zusammenhang zwischen intensiver Landwirthschaft und einer mehr weniger vollständigen Benützung der menschlichen Auswurfsstoffe zeigt sich nirgends so deutlich wie in China und Japan, wo eine ausserordentlich dichte Bevölkerung zu einem sehr intensiven Bewirthschaftungssystem führt, keinerlei Viehhaltung in grösserem Massstab getrieben wird, es also an Stalldünger gänzlich fehlt. Dort verursacht freilich der üble Geruch, der sich bei der Aufsammlung der Fäces und des Harnes in den Häusern bemerkbar und dem Europäer den Aufenthalt in denselben fast unerträglich macht, dem Eingebornen keinen unangenehmen Eindruck und ist ihre Aufsammlung in China und Japan für Jedermann ein nationales Bedürfniss und eine Gewohnheit des täglichen Lebens geworden.

Um die Verluste ermessen zu können, welche durch das Abfliessen der menschlichen Auswurfsstoffe in die Flüsse und das Meer erwachsen, seien einige Zahlenangaben über die festen und flüssigen Excremente angeführt, welche von einem erwachsenen Menschen täglich und jährlich ausgeschieden werden.

	Fest		Flüssig		Zusammen	
	Gr. tägl.	Kil. jährl.	Gr. tägl.	Kil. jährl.	Gr. tägl.	Kil. jährl.
Gesammtmenge . .	133	48·5	1200	438	1333	486·5
Trockensubstanz .	30·0	10·95	64	23·3	94	34·25

	Fest		Flüssig		Zusammen	
	Gr. tägl.	Kil. jährl.	Gr. tägl.	Kil. jährl.	Gr. tägl.	Kil. jährl.
Organische Substanz	25·5	9·2	50	18·25	75·5	27·45
Stickstoff	2·1	0·77	12·1	4·42	14·2	5·19
Asche	4·5	1·64	14·0	5·11	18·5	6·75
Phosphorsäure . .	1·35	0·5	1·78	0·65	3·13	1·15
Kali	0·64	0·23	2·29	0·83	2·93	1·06

Der Werth dieser Ausscheidungen beträgt mindestens 5 fl. bis 6 fl. pro Jahr.

In den Städten ist zumeist das sogenannte Canalsystem (Spülsystem) das beliebteste, mittelst dessen ein rasches Abfliessen und Wegschaffen aller Fäcalien möglich wird. Es ist natürlich nur in solchen Städten anwendbar, welche an grossen Flüssen sich befinden, deren grosse Wassermenge diese Abfallsstoffe, ohne merkbar verunreinigt zu werden, leicht aufnehmen kann. Je wasserdichter die Canäle hergestellt sind, je zweckmässiger ihr Querprofil, je stärker ihr Gefälle, je reichlicher die Niederschläge und je grösser der Wasserverbrauch in der Stadt, um so vollständiger und schneller besorgt die Canalisation diese Unschädlichmachung aller Fäcalien.

Das System der Senkgruben besteht dort, wo keine grösseren Flüsse die Abfälle aufzunehmen vermögen, das geringe Wasserquantum kleiner Flüsse aber eine starke Verunreinigung erfahren würde, welche sich den Geruchsorganen der Städtebewohner unangenehm bemerkbar machte.

Würde dafür gesorgt, dass die Senkgruben durchaus wasserdicht hergestellt werden, dass ihr Inhalt desinficirt und geruchlos gemacht und vor Verlusten bewahrt würde, könnte zugleich deren geruchlose Abfuhr erfolgen, so wäre gegen dieses System wenig einzuwenden. So werden z. B. in Innsbruck die Senkgruben nach einem pneumatischen System von Ingenieur Pfau in Mailand geruchlos entleert. Das Kehricht der Stadt wird nach Entfernung der Steine, Scherben u. s. w. auf einem eigenen für die Düngerbereitung bestimmten Platze etwa 2 Meter hoch aufgeschichtet und mit dem Abtrittsdünger begossen, bis es vollends damit gesättigt ist. Die überschüssige Jauche rinnt in eine grosse Grube ab. Auch Gaskalk wird beigemengt. Ein Centner des Düngers wird mit 8 bis 10 kr. verkauft, 1 Centner der Jauche mit 3 bis 4 kr. In kleineren Städten ist dieses Verfahren wohl ausführbar und der Absatz des erzeugten grossen

Düngerquantums an die in der Umgebung befindlichen Landwirthe gesichert. Vom hygienischen Standpunkte ist das System nur dann nicht verwerflich, wenn die Senkgruben durchaus wasserdicht hergestellt sind, was aber nie erreichbar ist, oder wenn der Boden der Stadt ein undurchlassender ist; wenn er aber durchlässig ist, bleibt eine Vergiftung des Brunnenwassers nicht aus, und weil auch die Desinfection des Inhalts der Senkgruben nicht stetig erfolgt, belästigt ihr Geruch in den Wohnhäusern. Selbstverständlich darf in die Senkgruben, deren Rauminhalt nur für die Entleerungen der das Haus bewohnenden Menschen berechnet ist, nicht auch sonstiges Schmutz- und Waschwasser entleert werden, daher für die Ableitung desselben dennoch ein besonderes Canalsystem eingerichtet sein muss, soll dasselbe nicht in oberirdischen Gossen seinen Abfluss haben, was sowohl vom Standpunkt der Reinlichkeit wie der Gesundheitspflege verwerflich ist. Bei Anwendung der Senkgruben sind natürlich geruchlose Retiraden unmöglich.

Ein drittes System besteht darin, dass sich in den Aborten die festen wie flüssigen Ausscheidungen in verschliessbaren Fässern ansammeln, die von Zeit zu Zeit abgeführt und durch leere Fässer ersetzt werden: Fasslsystem. Ein solches ist beispielsweise in Graz eingeführt. Statt der Fässer aus Holz hat man wohl auch besondere Gefässe aus Zinkblech construirt, in welchen nur die festen Excremente zurückgehalten werden, die flüssigen aber ablaufen. Es haftet diesem System der Nachtheil einer grossen Umständlichkeit an; die gänzliche Geruchlosigkeit ist kaum zu erreichen und der Aufwand für die Anschaffung der Unzahl von Fässchen in grossen Städten ein ausserordentlicher. Dann ist die Verwerthung des Fässchendüngers auch nicht so leicht gemacht. Entweder müssen die Landwirthe der Umgebung die Fässchen von Woche zu Woche oder von zwei zu zwei Tagen holen lassen und selbst Compost bereiten, oder die Stadtgemeinde besorgt die Abfuhr der Fässchen und die Kompostirung selbst durch ihre eigenen Organe. In Graz, Wien, Brünn und anderen Städten sind auf das Fasslsystem basirte Poudrettefabriken entstanden, doch haben sie nie prosperiren können.

In England ist den Städten verboten, das Wasser der kleinen und grossen Wasserläufe, auf welche sie zur Ent-

wässerung angewiesen sind, in schädlicher Weise zu verunreinigen oder ihre Schmutzwässer direct in die öffentlichen Gewässer abzuleiten. Sie müssen vielmehr, es koste, was es wolle, zu irgend einem Verfahren greifen, ihre Schmutzwässer zu reinigen, bevor sie abfliessen.

Es geschieht dies:

1. entweder durch Niederschlagung auf chemischem Wege,
2. durch Filtration auf beschränkten Flächen,
3. durch Berieselung grösserer Flächen.

Ad 1. Alle zur Gewinnung der werthvolleren Stoffe der Cloakenflüssigkeit gemachten Vorschläge erscheinen durchaus unzureichend, wenn es sich um die Abfallstoffe einer ganzen Bevölkerung handelt. Der producirte Dünger ist fast in allen Fällen von zu geringem Werthe, um einen Transport auf grössere Entfernungen zu lohnen, überdies wird die Cloakenflüssigkeit nicht in hinreichendem Grade gereinigt, lässt daher in sanitärer Beziehung zu wünschen übrig.

Die angewendeten Mittel zur Gewinnung der Bestandtheile der Schmutzwässer sind hauptsächlich:

a) Thonerdephosphat.

b) Das Abc-Verfahren bestehend in Zusatz von Alaun, Blut und Clay (Thon); die Mischung wird der Cloakenflüssigkeit zugesetzt, der Niederschlag wird getrocknet und pulverisirt und kommt als Native-Guano in den Handel. Doch ist die Reinigung keine genügende, denn es bleiben in 1000 Theilen 0·77 Kohlenstoff und 1·16 Stickstoff in organischer Verbindung zurück, während die Flusscommission als Maximum nur 0·2 Kohlenstoff und 0·3 Stickstoff in organischer Verbindung gestattet. Der Nachtheil des Verfahrens besteht auch darin, dass Alaun und Thon als Düngerbestandtheile werthlos sind.

c) Ferner wird zugesetzt: ungelöschter Kalk und Thon, der kalkreiche Niederschlag wird getrocknet und erfolgt die Calcinirung behufs Bereitung von Portland-Cement.

d) Das Süvern'sche Verfahren besteht in einem Zusatz von Kalk, Steinkohlentheer und Chlormagnesium, bewirkt zwar gute Klärung und schnellen Absatz, aber der Düngerwerth ist ein so geringer, dass er nicht einmal die Transportkosten verlohnt.

e) Das Lenk'sche Mittel (schwefelsaure Thonerde und Alaun, gelegentlicher Zusatz von Soda, Zink- oder Eisenchlorid)

ergibt sowohl in technischer wie in landwirthschaftlicher Beziehung noch ungünstigere Resultate.

f) Der Whitthread-Process beruht darauf, ein Gemisch von Superphosphat und präcipitirtem phosphorsaurem Kalk (also ein Gemisch von Mono- und Biphosphat) bis zur sauren Reaction zuzusetzen und dann mit Kalkmilch bis zur schwach alkalischen Reaction niederzuschlagen.

Gehalt an Wasser . . 2·27%
Darin organ. Substanz . 23·31% mit 0·6 % Stickstoff.
Mineral. Substanz . 56·14% mit 4·87% Phosphorsäure in citronensaurem Ammoniak löslich und 4·77% Phosphorsäure in Salzsäure löslich.

Von den suspendirten Bestandtheilen werden bis 94% niedergeschlagen, Phosphorsäure vollständig, Ammoniak nicht, dasselbe wird vielmehr durch den Kalk eher vermehrt; in der Hauptsache ist daher der Dünger ein phosphorsäurereicher.

Ad 2. Wo der Boden ein durchlassender ist, da kann derselbe als Filter benützt werden; die Schmutzwässer werden einer bestimmten Fläche zugeführt, wo sie sich aufstauen, in den Untergrund versinken und mit dem Grundwasser abfliessen. Bei Paris wird ein Theil der Cloaken-Schmutzwässer in der Ebene von Gennevilliers durch den Boden filtrirt und rechnet man, dass 1 Hektar Landes anfänglich bis 100.000 Cubikmeter jährlich zu filtriren vermöge, später, wenn die Sinkstoffe sich im Boden abgesetzt haben, weit weniger, aber dann kann eine neue Fläche als Filter benützt und die alte als Culturland verwendet werden.

Rechnet man pro Einwohner einer Stadt einen täglichen Verbrauch an Waschwasser u. s. w. von 0·1 Cubikmeter, so ergibt dies für ein Jahr, bei einer Einwohnerzahl von 100.000, nicht weniger als 3,650.000 Cubikmeter, für welche schon eine Filterfläche von nicht weniger als 73 Hektar nöthig wäre. Ob dieses Verfahren überhaupt anwendbar sei, darüber entscheiden in erster Linie die Gefällsverhältnisse und zweitens die Boden-, seine Durchlässigkeitsverhältnisse.

Ad 3. An vielen Orten, namentlich in England, ist man daran gegangen, die Schmutzwässer zur Bewässerung und Düngung bebauter Flächen zu benützen. Die Menge des Canalwassers ist je nach den Culturen, welche vorgenommen werden, eine verschiedene und schwankt zwischen einer Stauhöhe

von 80 bis 140 Centimeter pro Jahr, was sonach pro Hektar einem Quantum von 8 Millionen bis 14 Millionen Kilogramm gleichkäme (80.000 bis 140.000 metrische Centner). Die Vertheilung des Schmutzwassers kann wie bei den Bewässerungs-Anlagen überhaupt erfolgen. Weil sich viele Sinkstoffe im Boden und an seiner Oberfläche ansammeln, kann durch eine solche Bewässerung selbst ein gänzlich unfruchtbarer Sand in den fruchtbarsten Boden umgewandelt werden. Nur die Gefällsverhältnisse bereiten Schwierigkeiten, die meist nur mit Hilfe von Dampfpumpen überwunden werden.

In England sind bereits über 50 Städte mit derartigen Rieselanlagen versehen, welche zur Reinigung der Schmutzwässer und Gewinnung ihrer werthvollen Stoffe bestimmt sind; auf dem Continent sind Anfänge in Danzig, Berlin, Zürich gemacht.

In allen Fällen soll der Landwirth trachten, dass von den Excrementen jener Personen, welche auf einem Gute wohnen, nichts verloren geht; hier ist das sogenannte Abfuhr- oder Fasslsystem das angezeigteste, weil ja die Fäcalstoffe in nächster Nähe bei der Compostbereitung mitverwendet werden können. Wo in einer Wirthschaft Gelegenheit geboten ist, aus benachbarten Städten, Kasernen u. s. w. zu entsprechenden Preisen solche Auswurfsstoffe zu beziehen, soll man sich die Gelegenheit nicht entgehen lassen. Fast immer ist es das Beste, solche Stoffe mit dem übrigen Compost zu verarbeiten oder durch ein ganz einfaches Verfahren „Poudrette" zu gewinnen.

Das Einfachste ist, die festen Unrathmassen in flachen Gruben austrocknen zu lassen, zu welchem Zwecke 10 bis 12 Quadratmeter grosse, mit Thon oder durch eine Pflasterung undurchlässig gemachte Gruben hergestellt werden. Um das Verflüchtigen des Ammoniaks zu verhindern, wird verdünnte Schwefelsäure zugesetzt. Wenn die ganze Grube mit breiiger Masse gefüllt ist, wird diese herausgehoben und unter häufigem Umstechen an der Luft gut getrocknet. Die getrocknete Masse wird vermahlen und kommt auch als dunkles erdiges Pulver in den Handel. Oft ist aber viel Sand und Erde beigemischt und wird die Poudrette durch solche Beimengungen immer werthloser.

Gute Poudrette kann z. B. enthalten:

Wasser	25·0%
Organische Stoffe . .	30·0%
darin Stickstoff	3·0%
Asche	45·0%
darin Phosphorsäure .	3·0%
Kalk und Talkerde . .	5·0%
Kali	1·5
Sand, Erde u. s. w. .	35·5%

Die Poudrette wird in fein gepulvertem Zustand bei windstillem Wetter ausgestreut und sogleich eingeeggt. Auch zur Kopfdüngung findet sie Verwendung bei Wintersaaten im Herbste, bei Sommersaaten im Frühjahr. Besonders bei Gemüsen und Knollengewächsen ist diese Düngung angezeigt, wobei dann meist eine Reihen- oder Lochdüngung vorgenommen wird. Das Quantum, welches anzuwenden ist, ergibt sich aus dem Gehalte an Nährstoffen und dem Ersatze, welcher geleistet werden soll. Für Wiesen und Klee sind die Fäcalien in flüssiger Form besser als in Form von Poudrette.

Man kann aus den festen Auswurfstoffen des Menschen auch sogenannten „animalisirten Kalk" bereiten. Dabei werden die breiigen Fäcalmassen mit Kalk gemischt, der vorher mit Urin gelöscht wurde. Auf 75 Gewichtstheile Fäcalstoffe kommen 25 Gewichtstheile Kalk. Der animalisirte Kalk enthält:

Wasser	26·25%
Organische Substanz . . .	19·50%
Stickstoff	2·10%
Phosphorsäure	3·25%

Trocken ist er geruchlos, weil er aber leicht Feuchte anzieht, entwickelt er bald einen eigenthümlichen Geruch.

Der sogenannte „Taffo" wird aus Fäcalstoffen bereitet, denen allerlei sonstige Abfallstoffe beigemengt werden. Die Fabrication ist folgende: Die breiigen concentrirten Fäcalmassen werden mit 25% ihres Gewichtes an Abfallstoffen vermischt. Diese Mischung wird zwischen zwei gerippten Walzen gemahlen, dann in einem Rührwerk gemengt und erhält dann noch einen Zusatz von schwefelsaurem Ammoniak, Superphosphat oder Alkalien. Man nennt dann den Taffo angereichert. Die noch bildsame Masse wird in Ziegel geformt und getrocknet. Eine Analyse dieser Fabricate ergab:

	Einfacher Taffo	Angereichert	Phosphor-Taffo
Wasser	18·4	21	12
Organische Substanz	45·8	44·9	36·51
Phosphorsaurer Kalk	9·5	11·6	37·80
Kali	1·35	0·78	?
Alkalien	1·8	1·22	?
Andere Substanzen	23·15	20·5	13·59
Stickstoff in der organ. Substanz	3·6	5·92	5·1

Urate werden in der Art hergestellt, dass man dem Urin gelöschtes Kalkmehl zusetzt und trocknet ($^3/_4$ Urin, $^1/_4$ Kalk). Oder es wird statt Kalk auch Gyps zum Eintrocknen verwendet. Die Analyse eines mit Urin übersättigten Kalkes ergab:

Organische Substanz excl. Stickstoff	23·25%
Stickstoff	1·45%
Phosphorsäure	0·88%
Alkalien	0·70%
Kalk	38·95%
Andere Substanzen	17·89%
Wasser	16·88%

5. Guano.

Von grosser wirthschaftlicher Bedeutung sind diejenigen Guanosorten, welche aus den Auswurfstoffen der Seevögel hervorgegangen sind und auf einer Anzahl von Inseln im Stillen Ocean nach und nach in ungeheuren Mengen angesammelt worden und deren wichtigster Repräsentant der Peru-Guano, insbesondere der Chincha-Guano ist. Die Hauptlager von Guano finden sich auf den Chincha-Inseln; nördlich derselben sind die Ballestas-, Guanape- und Macabi-Inseln; die südperuanischen Lager sind die von Chipana, Huanillas, Punta de Lobos, Pica und Puerte Ingles. In geringerer Menge kommen auch an anderen Orten recht gute Guanosorten vor: auf den Inseln Bolivias und Chilis, an der Westküste Afrikas; in Europa findet sich hie und da massenhaft Fledermaus-Guano. Guano ist zur Zeit der Entdeckung Amerikas von den Ureinwohnern schon als Düngemittel verwendet worden; nach Europa wurden die ersten Guanoproben erst durch Alexander v. Humboldt im Jahre 1804 gebracht. Seit 1841, wo der Guano-Import nach Europa im Grossen begann, sind über 150 Millionen metrische Centner davon nach Europa geschafft worden. Manche Inseln, wenn auch 50 Meter hohe Lager angehäuft waren, sind deshalb schon erschöpft.

Um die Möglichkeit solch' grossartiger Ablagerungen zu begreifen, welche in ausserordentlich langen Zeiträumen vor sich gegangen sind, muss man die eigenthümlichen klimatischen Bedingungen berücksichtigen, welche in jenen Gegenden herrschen. Nur bei der fast absoluten Regenlosigkeit, wie solche dort vorkommt, ist es möglich, dass thierische Auswurfstoffe, welche sich so leicht zersetzen, sich ohne beträchtliche Veränderungen in so kolossalen Massen ablagern können. Bei uns wäre eine solche Erscheinung ganz unmöglich. Boussingault berichtet, dass es in Payta, als er dort war, seit 17 Jahren nicht geregnet hatte; in Chochope wird ein Regen vom Jahre 1726 als ein historisches Ereigniss verzeichnet.

Wenn schon bei unserem Federvieh die Excremente sehr concentrirte sind, so ist dies bei den Excrementen jener Wasservögel, welche die Guanolager entstehen machen und die sich hauptsächlich von Fischen nähren, noch mehr der Fall. Ihre Excremente sind stickstoff- und phosphorsäurereicher. Sie trocknen in der Sonnengluth rasch aus, ehe noch die Harnsäure, in welcher Form fast aller aus dem Blute ausgeschiedene Stickstoff im Harne der Vögel und Reptilien vorhanden ist, Gelegenheit findet, eine weitere Zersetzung zu erleiden.

Die Zusammensetzung der Guanosorten ist eine sehr verschiedene, je nachdem dieselben mit Vogelleichen, Eierschalen u. s. w. mehr oder weniger vermengt sind und je nach der mehr oder weniger stattgehabten Zersetzung. In jedem Guanolager ist eine untere, mittlere und oberste Schicht zu unterscheiden, von welchen die mittlere die werthvollste ist. Echter Peru-Guano besteht aus einem feinkörnigen Pulver, das theilweise zu grossen festen Klumpen zusammengeballt ist und eine hellere oder dunklere kaffeebraune Farbe besitzt. Verfälschungen dieses werthvollen Düngers sind häufig, und zwar mit Mergel-, Lehm- und Ziegelpulver.

Einige Analysen mögen die Zusammensetzung stickstoffreicher Guanosorten zeigen.

	Peru-Guano	Angamas-G.	Lobos-G.	Egypt. G.
Wasser	14·8	7·4—22·3	16·8	15·1—17·2
Organ. Substanz und Ammoniaksalze . .	52·4	56·0—64·8	46·1	39·3—49·5
Stickstoff	14·4	17·4—19·3	9·8	10·9—11·8

	Peru-Guano	Angamas-G.	Lobos-G.	Egypt. G.	
Phosphorsäure . . .	13·5	7·1	9·0	18·3—19·9	(Phosphorsaure Alkalien und Erden.)
Alkalisalze	7·4	2·5—3·3	11·5	—	
Asche	32·8	21·7—27·8	37·1	43·3—45·6	

Der Stickstoff findet sich in Form von:

	im Peru-Guano
Harnsäure	9%
Ammoniak (harnsaures und oxalsaures) . .	6%
Stickstoff in organischer Substanz	2%

Ein Theil des Stickstoffes kommt auch in Form einer organischen Base als Guanin vor, jedoch in geringer Menge. Der Phosphorsäuregehalt wechselt zwischen 10 bis 20%, ist um so grösser, je geringer der Stickstoffgehalt ist. Meist ist die Phosphorsäure an Kalk gebunden und vorwiegend unlöslich; jedoch enthält guter Guano auch bis 2% lösliche Ammoniak- und Alkaliphosphate. Der Kaligehalt ist immer noch ziemlich ansehnlich, wenn er auch gegenüber dem Stickstoff- und Phosphorsäuregehalte bedeutend zurückbleibt. Peru-Guano wird gegenwärtig gezahlt mit 15 bis 20 Gulden pro metrischen Centner.

Es kommen aber viele Guanos vor, die einen weit geringeren Werth haben und doch um theures Geld abgesetzt werden; oft ist der Guanohandel nichts weniger als solid. So wurde europäischer Guano zu 15 Gulden pro metrischen Centner verkauft, welcher enthielt:

im Wasser lösliche Phosphorsäure . . .	6·31%
lösliches Kali	3·89%
Stickstoff in Form von Ammoniak . . .	0·3 %

Derselbe wäre also pro metrischen Centner beiweitem weniger werth als der peruanische, da man beispielsweise 1 Kilogramm Stickstoff mit 1 Gulden, 1 Kilogramm Phosphorsäure mit 0·50 Gulden und 1 Kilogramm Kali mit 0·20 Gulden zu berechnen pflegt.

Die beträchtliche Concentration des Guano macht besondere Vorsichtsmassregeln bei der Anwendung erforderlich, welche sich auf eine entsprechende Vertheilung auf dem Felde beziehen. Vor der Anwendung muss er vollkommen zerkleinert werden, was durch's Stampfen und Sieben geschieht; sodann wird er behufs der gleichförmigeren Vertheilung mit der mehrfachen Menge feiner Erde vermengt. Er wird mit der Hand oder mit Maschinen über und über oder blos in den Reihen vertheilt.

Man hüte sich, ihn in zu grosser Menge den Pflanzenreihen aufzustreuen oder bei der Stufensaat zu nahe an die Wurzeln zu bringen, weil er sonst ätzend und die Pflanzen abtödtend wirkt. Am zweckmässigsten verwendet man ihn als Kopfdünger oder Hilfsdünger; als ausschliesslicher oder als einziger Dünger für ein Feld wird er sich schon deshalb nicht eignen, weil er hauptsächlich nur Stickstoff und Phosphorsäure ersetzt, und zwar in einem anderen als dem anzuwendenden Verhältniss. Er eignet sich insbesondere zum Ausgleich des Ersatzes für beide Stoffe; er kann also den Stalldünger oder vegetabilische Dünger vortheilhaft ergänzen. Es ist unnöthig, speciell Pflanzen aufzuführen, für welche er sich eignet, weil er eben jeder Pflanze die Stickstoff- und Phosphorsäure-Aufnahme erleichtert; in der Regel wird er nur für Markt-, insbesondere für Handelspflanzen angewendet.

Eine weit untergeordnetere Stellung hinsichtlich der Zusammensetzung, als die vorgenannten und besprochenen Guanosorten, nehmen jene ein, welche zwar denselben Ursprung haben, aber an Orten entstanden sind, wo Regen fällt. Dort machen die Vogel-Excremente alle die Zersetzungen rasch durch, welche für stickstoffhaltige Auswurfsstoffe charakteristisch sind; dort erleiden die löslichen Theile derselben und was durch Zersetzung löslich wird, unausgesetzte Auswaschungen. An die Entstehung eines stickstoff- und alkalireichen Productes ist in solchen Gegenden natürlich schon von vornherein nicht zu denken. Wo aber solche Ablagerungen von Vogel-Excrementen auf einer Unterlage von Kalksteinen geschehen, da ist Gelegenheit zur Bildung von phosphorsaurem Kalke gegeben, der seiner Unlöslichkeit wegen der Auswaschung widersteht und dann mit anderen mineralischen Beimengungen abgebaut werden kann.

Als Beispiel der Zusammensetzung solcher Guanosorten folgen hier Analysen des

	Baker-Guano	Sombrero-Guano	Jarvis-Guano
Wasser	3·3—10·5	2·9—10·1	8·5—15·8
Organische Substanz .	6·6— 9·5	4·4— 6·6	6·0—10·3
Stickstoff	0·3— 1·0	?	0·3— 0·6
Phosphorsäure	37·0—40·3	32·5—39·6	17·7—26·0
Kali	0·1— 0·6	Spuren	Spur —0·5
Kalk	39·1—43·5	22·7—51·7	33·5—36·3
Asche	80·0—89·7	85·0—90·0	74·8—81·9

In der Hauptsache bestehen sonach diese Guanosorten aus phosphorsaurem Kalk, bei welchem das Aufschliessen durch Schwefelsäure sehr zweckmässig ist; geschieht dies nicht, so ist ihre Wirksamkeit sogar keine erhebliche. Unsere hochgradigen Superphosphate (bis 20% lösliche Phosphorsäure) werden zur Zeit fast alle aus dem Baker- und Sombrero-Guano dargestellt.

Hier reihen sich auch die Excremente unseres Federviehes an, unter welchen der Tauben- und Hühnermist der concentrirteste ist; derselbe kommt häufig in die Jauchengrube oder auf den Compost. Er enthält an:

	Taubenmist	Hühnermist	Entenmist	Gänsemist
Organischen Substanzen und Ammoniaksalzen . . .	77·81	74·3	85·02	74·92
Stickstoff	4·44	5·54	1·64	3·19
Phosphaten	15·5	14·5	7·29	5·15
Alkalisalzen	0·77	3·5	0·35	1·99

6. Thierkörper oder Theile von Thierkörpern.

An die Excremente der Thiere reihen sich die Leiber der Thiere selbst an und die verschiedenen Theile des Thierleibes, vor Allem also die Cadaver von Hausthieren und die Aeser, welche von den Abdeckern meist ohne irgend weitergehende Verwerthung verscharrt werden. Die Weichtheile geben einen rasch sich zersetzenden, sehr stickstoffreichen Dünger; doch erfordert das Trocknen und Pulverisiren derselben besondere Einrichtungen, weshalb es vorzuziehen ist, im Falle solche Cadaver erworben werden können, die Weichtheile zu zerstücken und dem Compost beizumengen. Die Knochen solcher Aeser werden besonders gesammelt und behandelt. Grössere Mengen thierischer Körper ergeben sich mitunter auch aus der Insectenwelt, wenn in manchen Jahrgängen die Maikäfer in ungeheuren Mengen erscheinen und deren Sammeln systematisch betrieben wird. Auch bei der Seidenraupenzucht ergeben sich sehr werthvolle Abfälle, die als Düngermateriale Verwendung finden können. Insbesondere gehören die todten Puppen der abgehaspelten Cocons hieher, die in den Seidenfilanden in grossen Mengen gewonnen werden und einen äusserst concentrirten Dünger darstellen.

Fray Bentos-Guano wird aus Abfällen bei der Fleischextract-Fabrication, aus Knochen, Fleisch, Bindegewebsmassen,

scharf getrocknet und pulverisirt, hergestellt. Die Fabriken der Liebig'schen Fleischextract-Compagnie allein bringen jährlich bis 2·5 Millionen Kilogramm solchen Guanos nach Europa.

Die Leiber der Fische und Abfälle bei der Fischerei, beim Sardellen-, Sprotten- und Häringsfang, beim Fischen der Kabeljaus werden in sogenannten Fischguano umgewandelt und bestehen solche Fabriken in Schweden, Norwegen, in Helgoland, Ostpreussen, Frankreich, Portugal u. s. w. Ein solcher Fischguano stellt ein trockenes, feines Pulver von gelblicher Farbe und verhältnissmässig schwachem Geruch dar, besitzt einen Phosphorsäuregehalt von 3 bis 16% und einen Stickstoffgehalt von 5 bis 12%. Der Kaligehalt ist ein meist geringer, unter 1% bleibender. Sie nähern sich somit den Peru-Guanos, welche freilich weit rascher wirkende Dünger sind. Bis über die Hälfte bestehen sie aus organischer Substanz.

Von grösster Wichtigkeit sind die Knochen der Säugethiere, nicht nur deshalb, weil sie reich an Stickstoff und Phosphorsäure sind, sondern auch darum, weil sie in so grossen Mengen jährlich gewonnen werden können und an vielen Orten noch ganz unverwendet bleiben. Während man früher ihren Werth für die Düngerwirthschaft gar nicht beachtete, werden sie jetzt eifrig gesammelt, um jenen Ländern zugeführt zu werden, die, wirthschaftlich fortgeschrittener, auf einen möglichst vollständigen Ersatz ihres Bodens sehen. So importirte England grosse Mengen von Knochen vom Continente und wurden zu diesem Zwecke selbst die alten Schlachtfelder abgesucht, wie man heutzutage selbst auf den Prairien Nordamerikas die Knochen der früher erlegten Büffel zusammensucht. Auch bei uns werden jetzt die Knochen nicht nur in den Städten, selbst schon in kleineren Orten gesammelt, nicht blos weil die Nachfrage seitens der Düngerfabrikanten grösser geworden ist, sondern auch deshalb, weil der Verbrauch an Knochen für Zwecke der Zuckerfabrication ein ausserordentlich grosser ist.

Die Knochen können als Dünger in der Art vorbereitet werden, dass sie zu einem mehr oder weniger feinen Pulver zerstampft werden. Man überlässt es in diesem Falle den Einflüssen, welchen die Knochensplitter im Boden unterworfen sind, Stickstoff und Phosphorsäure in eine verfügbare Form überzuführen. Die so gepulverten Knochen, welche unter dem

Namen „rohes Knochenmehl" in den Handel gelangen, enthalten nach den Erfahrungen bei den Düngercontrolen 21 bis 24% Phosphorsäure und 3 bis 4% Stickstoff.

Eine weit höhere Bedeutung für die praktische Landwirthschaft als das rohe, chemisch noch unveränderte Knochenmehl haben einige Fabricate, welche aus den rohen Knochen hergestellt werden können, so das gedämpfte Knochenmehl und das Knochenmehl-Superphosphat.

Das gedämpfte Knochenmehl wird dargestellt, indem man die Knochen in verschlossenen eisernen Behältern einem höheren Dampfdruck aussetzt und sie mit dem Dampfe längere Zeit in Berührung lässt. Die Knochen werden bei dieser Behandlung so mürbe, dass ihre Pulverisirung hierauf viel leichter von statten geht als bei der unveränderten Knochensubstanz. Die weit intensivere Wirkung des gedämpften Knochenmehles lässt sich theils auf diese feinere Vertheilung zurückführen, theils auf eine Veränderung, welche die organische Substanz durch das Dämpfen erfährt, indem ihre Zersetzungsfähigkeit hiebei wesentlich erhöht wird. Der absolute Stickstoffgehalt des gedämpften Knochenmehles ist dagegen durchaus geringer als der des rohen; er beträgt im ersteren nur 2·25 bis 3%, der Phosphorsäuregehalt dagegen eben auch 21 bis 24%.

Das gedämpfte Knochenmehl hat sich in der Praxis als ein sehr brauchbares Düngemittel ganz ausserordentlich bewährt und fast an allen Orten das rohe Knochenmehl in den Hintergrund gedrängt. Gedämpftes Knochenmehl wird zu allen möglichen Culturen, vorzüglich aber für Körnerfrüchte verwendet, deren Ertrag nach einer Knochenmehldüngung in einem abgebauten Boden ein reichlicherer wird.

Das Knochenmehl-Superphosphat wird dargestellt durch Einwirkung einer starken Mineralsäure (Salz- oder Schwefelsäure) auf Knochenmehl in dem Verhältnisse, dass der in den Knochen vorhandene dreibasisch phosphorsaure Kalk möglichst vollständig in den leicht löslichen einbasischen phosphorsauren Kalk oder auch in freie Phosphorsäure übergeführt wird, während andererseits Gyps oder Chlorcalcium entsteht. Salzsäure ist in neuerer Zeit ganz aufgegeben worden, trotz ihrer grösseren Wohlfeilheit, weil man die Nachtheile des Vorkommens von Chlorcalcium im Boden immer mehr erkennt.

Das Knochenmehl-Superphosphat, welches heute in den Handel gelangt, ist durchwegs mit Schwefelsäure dargestellt. Dasselbe hat seine Bedeutung als Stickstoffdünger fast ganz eingebüsst und zwar auch deshalb, weil dieses Düngemittel im Vergleich zum gedämpften Knochenmehl geringere Erfolge bei vergleichenden Düngungsversuchen ergeben hat. Aus diesem Grunde ist die Verarbeitung der Knochen zu gedämpftem Knochenmehl die rentabelste und häufigste.

Alle Culturpflanzen können vortheilhaft mit Knochenmehl gedüngt werden, so dass eine specielle Aufzählung der Culturpflanzen, bei welchen Knochenmehldüngung angewendet wird, überflüssig erscheint. Feines oder mit Schwefelsäure aufgeschlossenes Knochenmehl bedarf keiner weiteren Vorbereitung, sondern kann in dieser Form ohneweiters ausgestreut werden; je feiner, um so eher wirksam ist es. Auch bei der Reihen- oder Platzdüngung braucht man selbst bei starker Dosis eine schädliche Wirkung für die Pflanzen nicht zu besorgen. Ueber die Menge, in der es angewendet werden soll, können keine Angaben gemacht werden, denn hierüber entscheidet ja der beabsichtigte Ersatz an Stickstoff und Phosphorsäure. Es gilt auch vom Knochenmehl, was vom Guano gesagt wurde, dass es nur als Beidünger, nicht als Hauptdünger zu geben ist, weil es ja in der Hauptsache nur zwei Pflanzennährstoffe dem Boden ersetzt. Ein metrischer Centner fermentirtes Knochenmehl kostet 5 bis 7 Gulden, ein metrischer Centner gedämpftes Knochenmehl kostet 8 bis 10 Gulden.

Gröberes Knochenmehl, das sich die Landwirthe mit einfachen Stampfvorrichtungen selbst bereiten können, wird mit $^1/_4$ bis $^1/_3$ Schwefelsäure aufgeschlossen oder man schichtet die Knochensplitter in Haufen, mit Erde gemengt, zusammen und bringt die Masse unter Begiessen mit Jauche in Fäulniss. Zweckmässig vermischt man unaufgeschlossenes Knochenmehl auch mit Stallmist oder behandelt dasselbe auf dem Compost oder wirft es in die Jauchengrube. Immer ist der Zusatz von Jauche zur rascheren Aufschliessung der Knochen von günstiger Wirkung.

Phosphorsaurer Kalk ergibt sich als Nebenproduct der Leimfabrication. In den Leimfabriken werden die Knochen mit Salzsäure behandelt, welche den phosphorsauren Kalk mit

Zurücklassung der leimgebenden Substanz auflöst. Die saure Lösung versetzt man mit überschüssigem kaustischem und kohlensaurem Kalk, der Niederschlag ist ein Gemenge von phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk und beträgt sein Gehalt an Phosphorsäure bis 18%.

Eine Fälschung des Knochenmehles geschieht nicht selten mit den Drehspänen des vegetabilischen Elfenbeines (Elephantennüsse), Früchte einer südamerikanischen Palme *(Phytelephas macrocarpa);* doch ist diese Fälschung durch den Geruch beim Verbrennen und durch den geringeren Aschengehalt leicht nachzuweisen.

	Elefantennuss-Mehl	Knochenmehl
Organische Substanz . . .	83·65	35—40
Asche	16·35	60—65
Phosphorsäure	2·44	21—24
Stickstoff	0·96	3—4

Knochenkohlenpulver und Knochenkohlenasche, wie solche bei der Erzeugung des Spodiums gewonnen werden, enthalten natürlich an düngender Substanz nur phosphorsauren Kalk.

Von thierischen Düngern, welche durch einen grösseren Gehalt an Stickstoff ausgezeichnet sind, können noch Hornspäne, Federn, Haare, wollene Lumpen, Lederschnitzel u. s. w. angeführt werden. Bei der Compostbereitung gehen sie nur langsam in Zersetzung über, um so eher, wenn sie mit Jauche feucht gehalten werden und je feiner sie vertheilt worden sind. In Frankreich behandelt man solche Substanzen, wie Horn, Huf, Wolle- und Lederabfälle u. dgl. in der Art, dass man sie in einem Kessel einem Druck von 11 bis 15 Atmosphären aussetzt, hierauf die Masse trocknet und pulverisirt.

Ganz bedeutend sind die Abfälle der Schafwoll-Industrie, der Absatz des Entfettungswassers, Abfälle der Wolle, Maschinenstaub u. s. w., Alles das beträgt an Orten mit ausgedehnter Schafwollwaaren-Industrie viele Tausende von Centnern.

7. Vegetabilische Dünger.

Ausser den bereits unter den Streumaterialien aufgezählten Pflanzen und Pflanzentheilen, welche der Düngerwirthschaft zugeführt werden können, sind hier von werthvolleren Stoffen insbesonders Oelkuchen zu nennen, die indessen mit grösserem

Vortheil als Viehfutter Verwerthung finden, indem auf diese Art auch ihr Oelgehalt ausgenützt wird, der bei der Verwendung der Oelkuchen als Düngemittel nur hinderlich wirkt, da er die Zersetzung verlangsamt. Uebrigens wird die Rechnung entscheiden, ob Oelkuchen unter Umständen nicht auch vortheilhaft als Düngemittel verwendet werden können, wie ja dies z. B. in den Niederlanden vorkommt. Oelkuchen werden als feines Pulver ausgestreut, doch ist bei Reihen- und Platzdüngung entsprechende Verdünnung und Vorsicht angezeigt, widrigenfalls die Pflanzen kränkeln oder gar absterben könnten.

Rapskuchen enthalten		In der Asche ist enthalten	
Wasser	10·68%	Phosphorsäure	45%
Oel	11·1 %	Kali	25%
Stickstoffhaltige Substanzen	29·53%	Kalk	14%
Stickstofffreie Substanzen ausser Oel	40·9 %	Magnesia	12%
Asche	7·79%		

Malzkeime, welche bei 4% Stickstoff und 8·5% Asche und in dieser meist Kali und Phosphorsäure enthalten, werden wie die Oelkuchen mit mehr Vortheil als concentrirtes Futtermittel verwendet.

Samen als Düngung zu verwenden, kommt in der Gärtnerei häufig vor; so werden Lupinen, vermahlen, in italienischen Orangerien verwerthet. Zweckmässig könnte das Ausreuter, mit den Unkrautsamen vermahlen, als werthvoller Dünger dienen. Doch wäre bei der Verwendung solchen Samenmehles die gleiche Vorsicht wie bei Verwendung der Oelkuchen anzuwenden.

Unkräuter, wildwachsende Pflanzen, die man auf Feldern und ihren Rändern, auf Wiesen, Weiden, in Sümpfen, an waldigen Orten, an wüsten Plätzen, an Ufern der Bäche, Flüsse, Teiche und an Meeresküsten einsammelt, gehören auch hieher. Bezüglich aller gilt Folgendes: entweder werden sie getrocknet und eingeäschert oder man compostirt sie, wenn man sie nicht als Streu verwenden will. Das eine und das andere Verfahren hat seine Vor- und Nachtheile. Das Verbrennen erfolgt häufig auch mit dem Haidekraute auf den Haideländereien.

Die Gründüngung besteht im Unterpflügen grüner den Boden bedeckender Pflanzen, welche entweder zufällig das Feld bedecken oder absichtlich angebaut worden sind. Letzteres ist wohl Regel. Und zwar ist im letzteren Falle die Aussaat

auf demselben Felde gemacht worden oder kann die grüne Pflanzenmasse auch von einem Felde überführt werden, wobei sich aber die Kosten der Düngung wesentlich erhöhen. In der Regel wird diese Art Gründüngung durch Unterackerung einer gemachten Saat nur auf entfernten Feldern oder bei sonstiger grosser Düngerarmuth vorgenommen. Meist erfolgt sie in Verbindung mit der Brache, wobei die Aufschliessung und Verwitterung des Bodens durch die Zersetzungsproducte der Gründüngung unterstützt und der Boden in einen günstigen physikalischen Zustand versetzt wird. Es ist begreiflich, dass durch solche Gründüngungen keine andere Bereicherung des Bodens erfolgen kann, als etwa insoferne, dass nebst der organischen, bei ihrer Zersetzung Kohlensäure liefernden Substanz auch der absolute Gehalt des Bodens an gebundenem Stickstoff erhöht werden kann.

Als Gründüngungspflanzen entsprechen nur solche, welche sich in kurzer Zeit entwickeln, viel Masse liefern, am sichersten gedeihen und deren Samenbeschaffung möglichst geringe Kosten verursacht. Als solche wären zu nennen: Senf, Raps, Buchweizen, Spörgel, Hirse, Incarnatklee, Wicke, Lupine, Roggen, Mais. Bei den vier letzteren beträgt der Samenaufwand schon mehr, da ja auch dichter als gewöhnlich angebaut werden muss; am wenigsten bei Senf, Raps, Spörgel, Hirse.

Bei Gründüngungspflanzen mit kurzer Vegetationszeit kann die Aussaat recht gut noch nach der Getreideernte vorgenommen werden, so bei Spörgel, Wicke, Buchweizen, Rübsen, Senf; nur in wärmeren Gegenden wird auch Lupine, Mais, Incarnatklee noch in der Zeit von der Getreideernte bis zum Spätherbst entsprechend heranwachsen können. Bei Spörgel kommt es wohl vor, dass er, über Sommer selbst zweimal nach einander auf demselben Felde angebaut und untergeackert wird.

Die Zeit der Blüthe ist auch die des Unterpflügens. Ist die unterzupflügende Masse nicht gross, so wird das Feld vorher abgewalzt und gepflügt; sonst wird gemäht und die grüne Masse in die geöffnete Furche eingezogen. Das Walzen nachher ist zweckmässig. Die eingepflügte Masse kann pro Hektar 15, 20 bis 60 und selbst mehr Centner Trockensubstanz betragen.

Weil die eingepflügten Pflanzen sich schnell zersetzen, so sind sie schnellwirkende, aber nicht lange anhaltende Düngerstoffe.

Als eine Gründüngung kann auch das Einackern von Rübenblättern, grünem Kartoffelkraut, der Stoppeln von Rothklee, Luzerne u. s. w. angesehen werden. In der That ist die Menge an organischer Substanz, welche hiedurch dem Boden verbleibt, eine bedeutende und die Wirkung für die nachfolgende Pflanze eine um so günstigere, je rascher die Zersetzung stattfindet und je grösser diese Stoppelantheile und Abfälle sind. Weisske fand, dass pro Hektar in Kilogramm folgende Stoppel- und Wurzelrückstände von den einzelnen Culturpflanzen auf dem Felde verbleiben:

	Weizen	Roggen	Gerste	Hafer	Rothklee	Luzerne	Esparsette	Erbse	Lupine	Raps
Stoppel- und Wurzelrückstände . . .	3988	6038	2284	4334	10232	11088	6802	3696	4054	5114
Stickstoff	27·12	75·12	26·4	30·72	220 08	156·48	141·60	65·04	71·52	69 84
Mineralstoffe	1252	1890	436	1656	2202	1376	1174	770	632	714
Kali	21·2	36·0	11·2	28·6	93·8	42·2	49·0	13·0	19·6	54·2
Phosphorsäure	13·6	29·2	13·8	34·6	86·0	45·2	34·2	17·2	16·0	36·8
Kalk	88 2	84·2	48·6	98·4	300·4	225·6	134·4	82·6	92·4	142·0
Magnesia	11·8	16·6	6·4	14·0	56·6	28·0	36·4	12·8	14·0	15·0

Es scheint nicht nothwendig, hier noch einmal ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass mit der Belassung dieser Rückstände keine Düngung bewirkt, sondern eben nur eine geringere Beraubung des Bodens herbeigeführt worden ist, wobei immerhin die Annahme nicht ausgeschlossen ist, welche ja auch durch den landwirthschaftlichen Pflanzenbau überall bestätigt worden, dass nach solchen Pflanzen, die viele derartige Rückstände zurücklassen, andere auch ohne Düngung in vorzüglicher Weise gedeihen können.

8. Compostdünger.

Am Schlusse der Aufzählung jener Düngemittel, welche aus dem Thier- und Pflanzenreich herstammen, ist noch jenes Düngers zu gedenken, der aus Abfällen beider Reiche und ihrer Vermischung mit Erde entsteht. Er heisst Streudünger, weil er in viel feinerer Vertheilung zur Verwendung

gelangt und in Wirklichkeit ausgestreut werden kann; er heisst Mengedünger, weil er aus einer Vermischung und Verarbeitung der verschiedensten Abfälle gewonnen wird; er heisst auch Compostdünger, d. h. er ist ein Mixtum compositum der verschiedensten Pflanzen-Nahrung liefernden Stoffe. Da man in den Mengedünger mehr oder weniger concentrirte Dungstoffe in den verschiedensten Verhältnissen bringen kann, so kann der Mengedünger von beliebiger Wirksamkeit sein; er kann ein stickstoff-, ein humus-, ein kali-, phosphorsäure-, kalkreicher u. s. w. Dünger sein.

Dasjenige Mittel, welches die düngenden Stoffe einhüllen und absorbiren soll, seien dies nun feste oder flüssige Körper, welches ferner die gasförmigen und anderen Zersetzungsproducte zurückhalten soll, ist Erde. Es soll dieselbe eine möglichst lockere und humose Erde sein; sie kann aber auch durch Moder, Schlamm aus Gräben und Teichen, durch Strassenkehricht, unter Umständen auch durch Torfpulver und Braunkohlenstaub ersetzt werden.

Es ist unmöglich, alle die Materialien zusammenzuzählen, welche bei der Compostbereitung mit Vortheil Verwendung finden können. In Haus und Hof finden sich Kehricht, Sägespäne, Asche, Russ; in der Küche und im Waschhaus ergeben sich Waschwasser, Haare, Federn, Blut, Fleisch und sonstige Abfälle; für den Compost eignen sich die menschlichen Excremente, Geflügelmist, der Abfall in Scheuern, auf Heuböden, in den Wurzelfruchtmieten, der Schlamm der Jauchengruben, Schutt von Kalkmörtel, Ziegelmehl, Grabenauswurf, Unkräuter aller Art, Anhäufungen fruchtbarer Erde in Flur und Wald, Abfälle der verschiedensten technischen Gewerbe, z. B. Hornspäne und Hornabfälle, Waschwässer der Schafwolle, Abfälle der Gerberei, der Leimfabriken, der Stärkefabrication, der Zuckerfabriken, Fischerei-Abfälle und Alles, was in Abdeckereien verscharrt wird, gehörte zweckmässiger auf und in den Composthaufen.

Nachdem alle diese Stoffe meist im trockenen Zustande zusammengefahren werden, die Zersetzung derselben nur dann erfolgt und fortschreitet, wenn die in dem Composthaufen zusammengeführte Masse immer feucht erhalten wird, so ist es von der allergrössten Wichtigkeit, dafür zu sorgen, dass der

Composthaufen stets feucht erhalten werde; es kann hiezu im Nothfall nur Wasser, mit viel grösserem Erfolg aber Jauche angewendet werden. Jauche regt durch ihren Stickstoffgehalt auch die Zersetzung der weniger stickstoffreichen organischen Verbindungen an, die ohne diesen Zusatz nur sehr langsam zerfallen. Wichtig ist auch, dass die verwendeten Materialien alle möglichst zerkleinert werden, was sowohl von den organischen wie anorganischen Gemengtheilen gilt.

Die Compoststätte soll eine solche Lage haben, dass die Zu- und Abfuhr der Stoffe einen möglichst geringen Aufwand verursacht, sie soll vor Zufluss des Tagewassers, vor Wind und Sonne geschützt sein. Für Materialien, die im Hof und nahegelegenen Fabriken gesammelt und zusammengefahren werden, hat sie einen bleibenden Standort, sonst kann es wohl auch vorkommen, dass nach dem jeweiligen Vorkommen von Stoffen, die zur Compostbereitung geeignet sind, abwechselnd an diesem oder jenem Punkte des Gutes ein geeigneter Platz verwendet wird.

Statt abwechselnd eine Schicht Erde mit einer Schicht der zu compostirenden Massen zusammenzuschichten, ist es besser, die letzteren mit Erde zu vermengen und in Form eines Prismas mit rechteckiger Grundfläche 1·5 bis 2 Meter hoch aufzuhäufen. Dabei muss sogleich dafür gesorgt werden, dass jede aufgebrachte Schicht fest zusammengetreten und dann gehörig durchfeuchtet werde.

Waren die der Erde zugesetzten Dungstoffe schon fein vertheilt und bei der ersten Anlage des Composthaufens gleichförmig gemengt, so ist ein Umstechen des Haufens in der Regel vor der Abfuhr gar nicht nothwendig und es empfiehlt sich nur beim Aufladen, den Haufen stets senkrecht abzustechen, damit hiebei noch eine theilweise Vermengung eintreten könne. War aber das Material gröber und schwerer zersetzbar, ist das Zugeführte sehr verschiedenartig gewesen und in verschiedenen Schichten des Haufens abgelagert worden, so kann ein einmaliges, selbst ein zweimaliges Umstechen und Umsetzen nothwendig werden, wobei zwischen jedem drei bis vier Monate verstreichen können. Dass Steine, Scherben u. s. w. bei diesem Umsetzen auszulesen sind, braucht nicht besonders erwähnt zu werden.

So kann mancher Compost schon nach einem halben oder auch erst nach einem ganzen Jahre zur Abfuhr reif sein, d. h. in einem in der Zersetzung so weit vorgeschrittenen Zustande sich befinden, dass er ein gleichförmiges, leicht vertheilbares, mürbes Gemenge darstellt, das sich nicht nur zur Ausstreu auf den Feldern, sondern auch auf den Wiesen in hohem Grade eignet.

Wie viel an Compostdünger zu verwenden ist, diese Frage kann im Allgemeinen gar nicht beantwortet werden und wird dies nur Derjenige annähernd beurtheilen können, welcher genaue Notizen über die Menge der zusammengeführten Stoffe sich gemacht hat, sowohl über die quantitativen, wie über die qualitativen Verhältnisse. So kann es kommen, dass vom Compostdünger je nach seiner Concentration nur einige wenige, aber auch bis hundert und mehr Fuhren pro Hektar verwendet werden können.

Vielfach wird der Compost als Hilfs- und Beidünger benützt, auch als Kopfdünger für die bereits aufgelaufene Saat verwendet. Er wird entweder mit der Schaufel über und über ausgestreut und untergeeggt oder es erfolgt die Vertheilung mit Maschinen, welche breitwürfig den Dünger streuen oder welche in Reihen streuen und zugleich unterbringen. Sollten bei breitwürfiger Vertheilung noch gröbere Stücke sich vorfinden, so sucht man sie durch die Egge und Schleife zu zertheilen und unterzubringen.

9. Erde und Schlamm.

Erde und Schlamm können zur Düngung verwendet werden, wenn beide werthvollere Nährstoffe in berücksichtigenswerther Menge enthalten und die Zufuhr und Auffuhr keine zu grossen Kosten bereitet. In den Betten der Flüsse und Teiche lagert fruchtbarer Schlamm oft zu Tausenden von Centnern und in vielen Fällen könnte dieser Schlamm als Bodenschatz von den Landwirthen gehoben werden.

Als Beispiele des nicht unbedeutenden Gehaltes mancher Schlammsorten an wichtigeren Pflanzennährstoffen mögen einige Analysen mitgetheilt werden:

	Meeresschlick	Elbe-	Rhein-	Nil-	Teich-	Schlamm-Absatz aus dem Spülwasser einer Zuckerfabrik
		Schlamm in Procenten				
Org. Substanzen	10·28	3·96	1·39— 2·86	5·2	4—45	6·3 —9·4
Darin Stickstoff .	0·33	0·26	?	0·1—0·2	0·1—9	0·3 —0·37
Mineralstoffe . .	89·72	?	?	89·8	54—91	88·7
Darin Kali . . .	0·3	0·66	0·19— 0·43	1·1	0·1—0·4	0·9
Phosphorsäure .	0·21	Spuren	0·08— 0·13	?	Spur—0·3	2·8 —8·6
Kalk u. Talkerde	9·13	1·9	15·97—17·57	7·6	0·1—0·56	0·34—2·0

Falls solcher Schlamm nur in geringen Mengen gewonnen würde, gehört er zur Vermengung mit anderen Materialien auf den Compost; wird er aber in grossen Massen zugeführt, dann kommt er direct auf's Feld, wo er so bald als möglich gebreitet und allsogleich untergepflügt wird. Die Zufuhr ist meist ziemlich kostspielig und wäre es natürlich vortheilhaft, wenn das Hochwasser selbst den Transport besorgte und den Schlamm absetzen liesse. Aber dies könnte nur dann der Fall sein, wenn der Landwirth die Zuleitung, Vertheilung und Ableitung des Schlammwassers vollständig in seiner Hand hätte, wenn eine absichtliche Stauung genau regulirt werden kann, während zufällige und nicht beherrschte Ueberschwemmungen in der Regel mehr Schaden als Nutzen bringen.

Es kommt vor, dass das Wasser, welches von höher gelegenen Grundstücken, Feldern, Weingärten u. s. w. auf Rainen, in Furchen, in Hohlwegen u. s. w. nach starken Regen herabfliesst, gleichfalls viel feinere Erde in Form von Schlamm mitführt. Es wäre ein Fehler, wollte man solchen Schlamm abfliessen und verloren gehen lassen, vielmehr wird man wiederholt absatzweise an einem Hange Schlammfänge ausheben können, d. i. grössere Gruben, durch welche das Wasser langsamer durchfliesst und beim längeren Verweilen einen Theil seiner Sinkstoffe absitzen lässt. Je grösser diese Schlammfänge sind und einen je grösseren Theil sie von dem abfliessenden Regenwasser jedesmal aufnehmen können, um so mehr an Schlamm werden sie auch zurückbehalten. Auch die Gräben an den Strassen füllen sich nach stärkeren Regengüssen mit Strassenkoth und dieser Auswurf aus den Gräben kommt gleichfalls mit Vortheil der Compostwirthschaft zugute.

Je nachdem zur Schotterung der Strasse Kalksteine oder ein Feldspathgestein u. s. w. verwendet worden, können ver-

schiedene werthvollere Pflanzennährstoffe in solchem Strassenkoth enthalten sein. Hier einige Belege hiezu:

	Strassen-Abraum aus Basaltschotter	Strassen-Abraum aus Granitschotter
Organische Substanzen . . .	1·86	11·66
Darin Stickstoff	0·24	0·4
Kali	0·59	0·1
Phosphorsäure	0·02	0·2
Kalk und Talkerde	2·81	?

Auch das Mergeln des Bodens, seine Ueberführung mit verschiedenen Mergelarten, ist hier zu berühren; weil aber der Mergel hauptsächlich nur durch seinen grossen Kalkgehalt, ferner indirect dadurch wirkt, dass er die physikalischen Eigenschaften des Bodens in günstiger Weise abändert, eine weit geringere Wirkung aber dadurch äussert, dass er nebst Kalk auch noch andere Pflanzennährstoffe, Kali, Magnesia, Phosphorsäure, Schwefelsäure, enthält, ist er weniger als absoluter Dünger, denn als Special- und indirect wirkender Dünger anzusehen.

10. Specialdünger.

Während die absoluten Dünger aus dem Thier- und Pflanzenreiche seit undenklichen Zeiten in der Landwirthschaft benützt worden sind, ist die Verwendung der Specialdünger mineralischen Ursprungs dagegen erst eine Errungenschaft der Neuzeit. Es mussten erst die Forschungen über die Unentbehrlichkeit gewisser Bodenbestandtheile, über die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe und ihre Mengenverhältnisse in den einzelnen Culturpflanzen vorausgegangen sein, bevor man in den meisten Fällen an die Benützung der mineralischen Specialdünger denken konnte.

Je nachdem sie als fast ausschliesslichen Bestandtheil Stickstoff, Kali oder Phosphorsäure enthalten, charakterisiren wir sie speciell als Stickstoff-, Kali- und Phosphorsäuredünger.

Als specifische Stickstoffdünger können Kalisalpeter und Natronsalpeter angesehen werden. Der erstere wäre allerdings von grossem Werthe, da er zwei für die Pflanze unentbehrliche Nährstoffe enthält, allein der Kalisalpeter ist zu theuer, als dass man an seine Verwendung denken könnte. Man bereitet ihn künstlich in Salpeter-Plantagen, in welchen

stickstoffhältige Substanzen und Kaliverbindungen angehäuft werden und entsteht er hier gerade so, wie er in der Ackerkrume entsteht; man würde nur einen unnöthigen Umweg machen, wollte man erst besondere Salpeter-Plantagen anlegen, um von hier aus den gewonnenen Salpeter auf die Felder zuführen, denn man könnte mittelst der den Salpeter-Plantagen zugeführten Stoffe die Salpeter-Erzeugung ja direct im Ackerboden hervorrufen. Viel verbreiteter, und zwar in grossen abbauwürdigen Lagern, kommt der sogenannte Chilisalpeter vor. Dieser Natronsalpeter findet sich in einigen regenlosen Ebenen längs der Küste Chili's und Peru's verbreitet, ohne dass man über die Entstehung so grosser Massen gebundenen Stickstoffes eine klare Vorstellung hätte.

Der Chilisalpeter, wie er in den Handel gelangt, ist schon das Product einer rohen Reinigungsmethode und enthält 89 bis 99% salpetersaures Natron, was 14 bis 16% Stickstoff entspricht. Da der Chilisalpeter blos Stickstoff für die Pflanzen liefert, so müssen, damit er zur Wirksamkeit gelangen könne, alle übrigen Nährsalze im Boden vorhanden sein; er wirkt übrigens nicht nur durch seinen Stickstoffgehalt, sondern auch dadurch, dass er die Thätigkeit des Bodens mächtig anregt. Wegen seines bedeutenden Stickstoffgehaltes und seiner grossen Löslichkeit wendet man ihn immer nur in geringer Menge, und zwar als Beidünger dann an, wenn der Hauptdünger den entsprechenden Stickstoffgehalt nicht besässe. Wären je 10 Kilogramm Stickstoff mittelst Chilisalpeter zu ersetzen, so benöthigte man dazu etwa 67 Kilogramm. Am verbreitetsten ist seine Verwendung in England, wo man sowohl Getreide-, als Kleegras-Felder und Wiesen damit düngt. Bei seiner grossen Concentration ist die nöthige Vorsicht bei seiner Anwendung nicht ausser Acht zu lassen und ist derselbe bei der Platzdüngung nicht in zu grosser Menge in unmittelbare Nähe der Pflanzen zu bringen. Eine zweckmässige Art der Vertheilung wäre die gleich der Jauche, wobei man die 50- bis 100fache Menge Wasser zusetzen könnte, aber auch nur bei feuchtem Boden die Vertheilung besorgen sollte. Bei durchlässigem Boden und reichlicher in den Untergrund sickernder Winterfeuchte darf die Chilisalpeterdüngung nicht im Herbst gegeben werden, da sie sonst vollständig ausgelaugt werden könnte. Sollte er in

einem trockenen Frühjahr zur Anwendung gelangen, so wird namentlich seine Aufbringung und Vertheilung in flüssiger, stark verdünnter Form angezeigt sein.

Die Ammoniak-Verbindungen, welche man zur Düngung verwendet, gewinnt man grossentheils nur in Fabriken, wo sie als Abfallsproducte oder auch als Hauptproducte von künstlich eingeleiteten Processen entstehen. Die in der Natur in der Nähe von Vulcanen oder auch in Braunkohlen und Alaunschiefern vorkommenden Ammoniak-Verbindungen sind nicht bedeutend genug, um für die Landwirthschaft irgendwie in Betracht zu kommen. Als Abfallsproduct ergeben sich Ammoniak-Verbindungen in grosser Menge bei der Gasfabrication. Die Stein- und Braunkohlen, wie auch der Torf, enthalten sehr beträchtliche Mengen von Stickstoff, welcher bei der trockenen Destillation zum grössten Theil als kohlensaures Ammoniak entweicht. Da aber das Leuchtgas, bevor man es in den Gasometer und in die Leitungen treten lässt, verschiedenen Reinigungsprocessen unterworfen wird, worunter auch das Waschen mit Wasser eine Rolle spielt, so sammelt sich in diesem Wasser nebst einigen anderen Destillationsproducten auch Ammoniak an. Dieses ammoniakhaltige Waschwasser dient entweder direct als Düngemittel und kann z. B. zum Ueberrieseln der Wiesen benützt werden, natürlich je nach seinem Gehalte nach der entsprechenden Verdünnung mit Wasser, oder es werden aus dem Waschwasser Ammoniaksalze, namentlich schwefelsaures Ammoniak, dargestellt, die dann auch in den Düngerhandel gelangen und den Vortheil grosser Transportabilität haben. Früher hat man thierische Abfälle zur Bereitung von Ammoniaksalzen verwendet, gegenwärtig verarbeiten aber die chemischen Fabriken diese Abfälle zu Blutlaugensalz und anderen werthvolleren Producten. Fälschungen kommen häufig vor; ist doch schon darüber geklagt worden, dass gekauftes schwefelsaures Ammoniak, welches einen Stickstoffgehalt von 20 bis 21% hätte haben sollen, davon nur 0·3% enthielt und grossentheils aus gepulvertem Eisenvitriol bestand. Die Anwendung der Ammoniaksalze ist eine ähnliche, wie die des Chilisalpeters.

Die specifischen Kalidünger gehören fast durchaus dem Mineralreiche an. Am nächsten würde es liegen, den Kalifeld-

spath oder Gesteine, welche dies Mineral enthalten, zur Düngung, d. i. zur Vermehrung des Kalivorrathes im Boden zu verwenden. Allerdings hat man auch schon in dieser Richtung Versuche gemacht; so hat man Kalifeldspathe fein pulverisirt und durch geeignete Schichtung mit verwesenden Substanzen ihre Zersetzung zu beschleunigen gesucht, hat indessen keine besonderen Erfolge hiebei erzielt, was mit Hinblick auf die Bemerkungen, die über die Kalidüngungen im Allgemeinen schon gemacht worden sind, nicht Wunder nehmen darf. Immerhin ist die Verwerthung orthoklasreicher Gesteine nicht aus den Augen zu lassen.

Von weit grösserer Bedeutung sind die seit nicht sehr langer Zeit in Stassfurth und Kalusz entdeckten Kalisalz-Ablagerungen. Wenn auch die direct gewonnenen Kali-Abraumsalze wegen der ungünstigen chemischen Form und der schädlichen Beimengungen, welche sie enthalten, nicht das leisten, was sie ursprünglich für die Düngungszwecke der Landwirthschaft zu versprechen schienen, so haben doch die fabriksmässig dargestellten Präparate sich eine grosse Beachtung und eine bleibende Verwendung unter den künstlichen Düngemitteln erworben. Man stellt sich ganz im Allgemeinen die Bildung solcher grossartiger Salzlager in der Weise vor, dass ein vom Weltmeer durch irgend eine Terrainveränderung abgeschnittenes Salzbecken der langsamen Verdunstung, wie jetzt das Todte Meer, ausgesetzt gewesen sei und dass die Verdunstung und die Zufuhr von salzigen Bestandtheilen durch das Regenwasser undenklich lange Zeit andauerte. Dabei hätten sich die einzelnen Salze in der Reihenfolge ihrer leichteren oder schwereren Löslichkeit abgelagert. Das Kochsalz hätte sich wegen seiner geringeren Löslichkeit weiter unten ablagern müssen, die Doppelsalze von Kali und Magnesia, die leichter löslich seien, hätten sich erst später niedergeschlagen und finde man sie daher unter den oberen Abraumsalzen.

Unter den Abraumsalzen hat man neun verschiedene Mineralien unterschieden, von welchen jedoch nur fünf kalihältig sind, nämlich:

Polyhalit	besteht aus:	Gyps	45·18%
		schwefelsaurer Magnesia . . .	19·93%
		schwefelsaurem Kali	28·9%

Carnallit	besteht aus:	Chlorkalium	26·76%
		Chlormagnesium	35·15%
Sylvin	„ „	reinem Chlorkalium.	
Tachydrit	„ „	Chlorkalium	21·5%
		Chlormagnesium	36·98%
Kainit	„ „	Chlorkalium	13·6—20·4%
		Chlornatrium	30·9—51·5%
		schwefelsaurer Magnesia . . .	21·9—33%
		schwefelsaurem Kalk	2·0—3%

Dazu kommt noch ein Mineral, das gleichfalls Verwendung gefunden hat: Kieserit, 87·1% schwefelsaure Magnesia enthaltend.

Anfänglich versuchte man, das rohe, sich durch einen grossen Chlorgehalt charakterisirende Abraumsalz zu verwenden, musste aber trotz der Billigkeit der rohen Abraumsalze bald davon abstehen, da die Nachtheile der Chlorverbindungen sich geltend machten. Man verlegte sich deshalb auf die fabriksmässige Darstellung chlorfreier Salze und bereitete vorzugsweise aus dem Kainit mehrere Düngestoffe:

1. das gereinigte schwefelsaure Kali mit 40 bis 50% Kali und sehr geringen Mengen von Chlormetallen;

2. die krystallisirte schwefelsaure Kalimagnesia und

3. die calcinirte schwefelsaure Kalimagnesia, welche letzteren enthalten:

	Nr. 2	Nr. 3
Kali	15—20%	25—30%
Magnesia	8—10%	12—13%

4. auch aus dem Kieserit wird ein Düngerpräparat dargestellt, welches als rohe schwefelsaure Magnesia im Handel vorkommt und einen sehr hohen Gehalt (bis über 80%) an schwefelsaurer Magnesia besitzt. Ebenso ist auch das aus dem Sylvin dargestellte concentrirte Chlorkalium ein werthvolles Düngemittel.

Bezüglich der Anwendung der Kalidünger ist ihre Vermischung mit dem drei- bis vierfachen Gewicht der Erde vor dem Ausstreuen zu empfehlen. Auf Wiesen und Futterfeldern wären die Kalisalze am besten in flüssiger Form zu vertheilen, wobei eine hundertfache Verdünnung und darüber nicht zu unterlassen ist. Zweckmässig werden die Abraumsalze oder die aus denselben dargestellten Düngersalze auch dem Stallmiste oder dem Composte einverleibt, da ja dieselben nur als Neben-

dünger in Betracht kommen können. Es wird bezüglich der Quantitäten, in welchen diese Kalisalze in den Boden zu bringen sind, eben nur der Bedarf und der nothwendige Ersatz entscheiden; doch ist bei Reihendüngung und Platzdüngung Vorsicht nothwendig, will man nicht die jungen Keimpflanzen vergiften. Da Kalisalze vom Boden gut absorbirt werden, können Kalisalzdüngungen ohneweiters auch schon im Herbste gegeben werden. Man rühmt die specifische Wirkung der Kalidünger, insofern sie z. B.:

1. den Zuckergehalt der Runkelrüben erhöhen sollen,
2. desgleichen den Stärkegehalt der Kartoffeln steigern,
3. die Brennbarkeit der Tabakblätter erhöhen,
4. zur grösseren Feinheit und Haltbarkeit der Gespinnstfasern beitragen,
5. auch einen günstigen Einfluss auf den Geschmack und die Erhaltung oder Güte des Weines und Obstes, dann auf den Wohlgeschmack der feineren Gemüse, wie Gurken, Spargel, Blumenkohl u. s. w., ausüben sollen.

Die zahlreichen Düngungsversuche ergeben über die Wirkung der Kalidünger durchaus keine übereinstimmenden Resultate, was von vornherein wohl zu erwarten war, nicht blos in Bezug auf die quantitative, sondern auch auf die qualitative Wirkung. Bei Kalidüngungsversuchen hat man häufig meist zu den billigsten Kalisalzen gegriffen, statt sich des reinsten oder concentrirtesten, also des sogenannten fünffach concentrirten Chlorkaliums oder des sogenannten schwefelsauren Kalis zu bedienen. Nicht befriedigende Kalidüngungsversuche haben sich ferner auch deshalb ergeben, weil nicht nur das Kali, sondern gleichzeitig noch ein oder der andere Nährstoff gefehlt haben, weshalb auch das zugeführte Kali gar nicht oder nicht zur vollen Wirkung gelangen konnte. Die Versuche sollten bezüglich der Kalidüngung hauptsächlich die Frage entscheiden, ob das Kali als fünffach concentrirtes Chlorkalium oder als schwefelsaures Kali anzuwenden sei. Die Frage ist wichtig, denn das Kilogramm des ersteren kostet nur 18 bis 25 kr., von letzterem aber das Doppelte und mehr, und viele Landwirthe bekennen sich auch heutzutage noch zu der Ansicht, das schwefelsaure Kali sei trotz des doppelt so hohen Preises dem Chlorkalium vorzuziehen. Dem tritt Dr. P. Wagner auf Grund der Ergebnisse

seiner Versuche entgegen, indem er zur Formulirung folgenden Satzes gelangt: „Vom Gebrauch des theueren schwefelsauren Kalis ist, sofern es sich um eine Herbstdüngung handelt, entschieden abzurathen, da das Chlorkalium demselben in der Wirkung mindestens gleichkommt und doch nur halb so viel kostet."

Wenn es sich nicht um eine einfache Kalidüngung, sondern darum handelt, auch zugleich eine weitgehende Vertheilung derselben, eine Düngung tieferer Bodenschichten, einen schnelleren Umsatz des vorhandenen Kalivorrathes herbeizuführen, so empfiehlt sich der Gebrauch des Leopoldshaller oder Kaluszer Kainits als des billigsten der unreinen Kalisalze. Dabei ist aber hervorzuheben, dass eine Düngung mit Kainit oder anderen unreinen Kalisalzen am besten mehrere Monate vor der Aussaat vorzunehmen ist, damit das in ihnen enthaltene Chlor Zeit gewinne, sich in tiefere Bodenschichten hinab zu vertheilen. Bei reinem Chlorkalium ist die Unterbringung nur einige Wochen vor der Saat vorzunehmen.

Zu den Düngemitteln, welche hauptsächlich ihres Kaligehaltes wegen werthvoll sind, ist auch die Holzasche zu rechnen, welche schon in den ältesten Zeiten zur Erhöhung der Fruchtbarkeit der Felder verwendet worden ist und nur deshalb mehr und mehr ihre Bedeutung als Düngemittel verliert, weil ihre Verwendung in der Technik eine sehr ausgebreitete ist und die Landwirthschaft wegen des geringen Preises, den sie für ihre Düngermaterialien zu zahlen im Stande ist, nirgends die ernstliche Concurrenz mit den übrigen technischen Betriebsarten hinsichtlich eines Rohstoffes auszuhalten vermag.

Es folgen Analysen von einigen der wichtigsten Brennholzarten:

	Aschenprocente	Kali	Magnesia	Kalk	Phosphorsäure
Rothbuche . . .	0·65	12·49	10·84	39·27	8·65
Weissbuche . . .	0·75	10·63	8·48	52·23	10·74
Eiche	0·50	8 63	3·99	60·36	4·87
Ulme	0·47	21·92	7·71	47·80	3·64
Linde	0·36	37·84	4·38	31·60	5·12
Tanne	0·28	3·15	3·23	25·31	2·42
Lärche	0·32	15·24	24·51	27·09	3·06
Fichte	0·25	1·25	3·59	45·90	3·07
Kiefer	0·31	12·13	8·85	45·29	7·27

Man ersieht aus diesen Angaben die grossen Abweichungen in der Zusammensetzung der Asche der einzelnen Holzarten; dieselben sind aber auch sehr gross, wenn man die Analysen einer und derselben Holzart vergleicht, sobald nur das Holz verschieden alt und an verschiedenen Orten gewachsen ist. Da die Holzasche ausser Kali auch Phosphorsäure, Kalk und Magnesia enthält, so hätte sie auch unter den absoluten Düngern aufgezählt werden können.

Die Asche wird entweder direct auf Wiesen, wo nach der Aschendüngung die Schmetterlingsblüthler viel auffälliger sich entwickeln, oder auf Kleefelder oder auf Ackerland gestreut; noch gewöhnlicher kommt die Asche in den Compost. Die anzuwendende Quantität wird nach dem Ersatze, der geleistet werden soll, zu bemessen sein.

Aescherich ist der Rückstand, der nach Auslaugung der Pflanzenaschen mit oder ohne Zuhilfenahme von gebranntem Kalk bei den Seifen- und Pottasche-Siedereien abfällt. Wenn auch der grösste Theil des kohlensauren Kali weggeführt wurde, so ist doch noch ein kleinerer Theil zurückgeblieben; dagegen ist der procentuale Gehalt an Kalksalzen, Bittererde und anderen Salzen, worunter die phosphorsauren die wichtigsten sind, um so grösser. Solcher Aescherich ist weniger für kalibedürftigen Boden verwendbar, als für kalkbedürftigen; sein namhafter Gehalt an phosphorsaurem Kalk kommt aber allen Böden zu statten. Er kommt gleichfalls ganz regelmässig auf den Compost.

Torfaschen sind höchst verschieden; manche enthalten fast gar kein Kali, andere mehrere Procente; oft enthalten sie namhafte Mengen von Gyps und phosphorsaurem Kalk. Man muss sich deshalb durch den Versuch oder die chemische Analyse vorher überzeugen, ob sie etwas leisten und welchen Ersatz sie bringen.

Der Gehalt bei Torfaschen wechselt

bezüglich	Kali	zwischen	0·85— 7·64%
„	Kalk	„	5·8 —45·73%
„	Magnesia	zwischen . .	0—24·36%
„	Phosphorsäure	zwischen	1·43— 6·29%

Der Aschengehalt des Torfes variirt zwischen 1 bis 30%; je kleiner dieser Gehalt ist, desto werthvoller ist die Asche.

Asche von Braunkohlen enthält geringe Mengen von Alkalien und Phosphorsäure, beträchtlichere von Gyps, Kalk und Magnesia. Steinkohlenasche enthält meistens Kalk und Magnesia, ferner viel Thonerde, aber auch Phosphorsäure fehlt nicht und kommt selbst in ansehnlichen Mengen vor. So fanden Lechatelier und Leon Durard-Claye bei zwanzig Analysen, dass der Phosphorsäuregehalt zwischen 0·2 bis 3%, im Mittel 1·5% beträgt. Darnach würde 1 Tonne Steinkohlen (1000 Kilogramm) bis 15 Kilogramm Phosphorsäure enthalten; nun verbrauchen aber selbst kleine Haushaltungen mehrere Tonnen im Jahr.

Endlich ist zu erwähnen die Melassenschlempe, der Abfall nach Benützung der Melasse zur Spirituserzeugung, denn 1000 Kilogramm Melassenschlempe enthalten:

Wasser	921
Organische Substanzen . . .	56
darin Stickstoff	4·5
Mineral-Substanz	23
darin Kali	17
Kalk und Magnesia	0·5
Phosphorsäure	0·25

Durch Phosphorsäuregehalt ausgezeichnete Specialdünger sind die Koprolithen, ferner Phosphorite, Apatite, Osteolithe u. s. w.

Die Koprolithen, welche zuweilen durch Reste von Kohlenstoff schwarz gefärbt sind, sind haselnuss- bis eigrosse, nierenförmige, mehr oder weniger gelbbraun gefärbte versteinerte Excremente von Thieren früherer geologischer Perioden, die in Lehmen, Sandsteinen, Schiefern, Mergeln meist eingesprengt vorkommen. In England finden sie sich in mächtigen Lagern; in Oesterreich kommen sie nur sehr zerstreut vor, z. B. im Brandschiefer bei Starkenbach in Böhmen, und lohnt sich dort ihre Ausbeutung kaum.

Viel verbreiteter sind die Phosphorite, die in den letzten Jahren eine grosse Bedeutung deshalb gewonnen haben, weil sie in vielen Ländern massenhaft vorgefunden worden sind und weil sie ihres hohen Phosphorsäuregehaltes wegen zur Bereitung der Superphosphate sich zum Theil recht gut eignen. — Apatit findet sich als Gemengsel in sehr vielen Gebirgssteinen,

tritt aber auch selbstständig in Felsmassen auf und wird dann gewöhnlich als Phosphorit oder, wenn er mehr pulverig ist, als Osteolith bezeichnet. Mächtige Lager von diesen Mineral-Phosphaten finden sich zu Krageroe in Norwegen. In Russland repräsentiren die bisher aufgeschlossenen Lagerstätten nicht weniger als 20 Millionen Hektar Oberfläche. Nach Yermoloff ist der Reichthum an Mineralphosphaten in Russland so gross, dass man die Hälfte von Europa damit pflastern könnte. Sehr grosse Phosphoritlager besitzt Spanien; in Frankreich hat man bisher in 39 Departements Phosphorite aufgefunden und sind im Ganzen nicht weniger als 120 Phosphatlager erschlossen. Während hier die Phosphoritlager hauptsächlich im jurassischen Kalk vorkommen, sind sie in Belgien in der Kreide enthalten, in der sie in der Form von Knollen von Erbsen bis Faustgrösse vorkommen, die mit einem kalkigen Bindemittel verkittet sind. In Russisch-Podolien finden sich im silurischen Schiefer Einlagerungen in Form von grösseren und kleineren Kugeln mit strahligem Gefüge. In Deutschland gibt es Phosphorite im Herzogthum Nassau (die Lahnphosphorite), in Amberg in Baiern, in Westphalen und an anderen Orten; auch in Oesterreich hat man sowohl in Böhmen wie in Kärnten sehr belangreiche Phosphoritlager aufgefunden.

Die grossen Hoffnungen, welche sich an die erste Auffindung der Phosphoritlager knüpften, haben sich nur zum Theil verwirklicht, und zwar deshalb, weil die Phosphorsäure in einem schwer löslichen Zustande sich befindet, und wenn sie mit Schwefelsäure auch aufgeschlossen wird, sie doch, wie der Ausdruck der Düngerfabrikanten lautet, wieder zurückgeht, indem der Eisen- und Thonerdegehalt mit der löslich gemachten Phosphorsäure wieder unlösliche Verbindungen eingeht. Es wird dies um so leichter und um so eher der Fall sein, je grösser der Eisen- und Thonerdegehalt des Phosphorits ist. Man zieht es deshalb vor, statt die Phosphorite aufzuschliessen, sie vielmehr fein zu pulverisiren und so in den Handel zu bringen. Freilich erfolgt auch in diesem fein vertheilten Zustand ihre Auflösung in kohlensäurehältigem Wasser nur sehr langsam.

Nach Dietrich lösten 100 Liter kohlensäurehältiges Wasser bei 48stündiger Einwirkung

vom hochprocentigen Lahnphosphorit nur . . . . 1·89 Gr.
„ geringhaltigen „ „ . . . . 1·06 „
bei zwölfwöchentlicher Einwirkung
aus hochprocentigem Lahnphosphorit nur . . . . 2·55 „
„ geringhaltigem „ „ . . . . 1·66 „
während in derselben Zeit
aus Knochenmehl . . . . . 16·72 „
„ neutralem phosphorsaurem Kalk . . . . 43·84 „

gelöst wurden. Aber es ist denkbar, dass das Phosphoritmehl, im Boden fein vertheilt, auch noch anderen Einflüssen, welche bei der Verwitterung thätig sind, ausgesetzt ist und ein günstigeres Lösungsverhältniss zeigt.

Häufig wird das Compostiren der pulverisirten Phosphorite mit humusreicher Erde, Torf, Mist, Jauche, Sägespänen u. s. w. zur Aufschliessung und Löslichmachung der Phosphorsäure empfohlen. Doch kam Holdefleiss bei seinen diesfälligen, sehr sorgfältigen Versuchen, die er mit der Compostirung des Phosphoritmehles in Halle vornahm, zu dem Ergebniss, dass ein solches Compostiren keinen nennenswerthen Einfluss ausübe.

Es folgen nun noch einige Angaben über den Gehalt der Phosphorite an Phosphorsäure u. s. w. und eine Preisliste der Lahner Phosphorite. Es enthalten die Phosphorite aus:

	Phosphorsäure	Thonerde	Eisenoxyd	Kalk
	in Procenten			
Estremadura in Spanien . . .	36·8	—	2·7	44·5
Nassau	30·6—36·8	1—2	3·7—8 2	42—53
Podolien	36·5—40·4	0·6—2·5	1·06—2·6	48—53
Schwarzenthal bei Johannisbrod	phosphors. Kalk			
in Böhmen	66·8	bis 1	6·27	—
	Phosphorsäure			
dem Lavantthale in Kärnten .	29—30	wenig Thonerde	wenig Eisen	13

Es kommen aber auch Phosphorite vor mit bis 35% Thonerde und bis 10% Eisen, die sich dann natürlich zur Erzeugung von Superphosphaten gar nicht eignen.

Preisliste der Lahner Phosphorite:

Gehalt an Phosphorsäure	14—16%	18—20%	22·9%	25·3%	27·5%	29·8%	32%
Dreibasisch phosphorsaurer Kalk . .	30—35%	40—45%	50%	55%	60%	65%	70%
Roher Phosphorit, 50 Kilogramm . .	35 kr.	50 kr.	75 kr.	88 kr.	fl. 1.20	fl. 1.50	fl. 1.87

Feingemahlen: je 25 kr. mehr.

Von phosphorsäurehältigen Abfällen sind noch zu nennen: Gyps, gewonnen bei der Phosphor- und Phosphorsäure-Erzeugung aus Knochenmehl; Flüssigkeiten aus Leimfabriken, wo die Knochenerde mit Salzsäure ausgezogen wird; Scheideschlamm aus Zuckerfabriken mit 1 bis 2% Phosphorsäure; auch bei der Verarbeitung mancher Eisenerze wird phosphorsaure Thonerde als Nebenproduct gewonnen.

11. Indirect wirkende Dünger.

Man sieht bei den indirect wirkenden Düngemitteln davon ab, dass dieselben auch in directer, wenn auch geringerer Weise zur Ernährung der Pflanzen beitragen, und berücksichtigt jene Eigenschaften, welche etwa zur Verbesserung der physikalischen Zustände des Bodens beitragen; berücksichtigt auch ihre Einwirkung auf die leichtere Löslichmachung gewisser Pflanzennährstoffe im Boden und auch einige andere nützliche Reactionen im Boden, welche das Pflanzenwachsthum unterstützen können; berücksichtigt endlich ihren Einfluss auf die Aufnahme anderer gelöster Stoffe im Boden durch die Pflanze.

Erde als Dünger deshalb irgendwo aufzuführen, weil sie gewisse Pflanzennährstoffe in reichlicherer Menge enthält als der Boden, auf welchen die Zufuhr geschehen soll, wird nur in den seltensten Fällen rentabel sein, weil ja die Kosten des Erdtransportes, namentlich auf grössere Entfernungen, nicht im Verhältniss zum Düngerwerth der zugeführten Stoffe stehen. Vielmehr wird man hiebei die indirecte Wirkung hauptsächlich zu berücksichtigen haben.

Bei der Zufuhr von Kalk kommt in Betracht, dass er:

1. zersetzend auf die organischen Substanzen einwirkt;

2. auch die Aufschliessung und Verwitterung der Silicate befördert;

3. bei strengen Thonböden in Folge seiner Vertheilung als Kalkhydrat die Bindigkeit mildert.

Dabei ist die Wirkung des Aetzkalkes und des kohlensauren Kalkes eine nahezu übereinstimmende, vorausgesetzt, dass beide in gleich feinpulverigem Zustande auf's Feld gebracht werden. Am meisten Erfolg hat ein Kalken sonach bei kalkarmen Böden, Thonböden, Moor- und Torfböden, dann auf Neubrüchen, auf welchen die umgebrochene Grasnarbe

früher zerstört werden soll. Wenn nun der Kalk die Thätigkeit des Bodens erhöht und vorübergehend mehr Nährstoffe für die Pflanzen disponibel macht, so darf man nicht vergessen, dass, soll der Boden nicht noch mehr verarmen, er für die grössere Leistung auch in entsprechender Weise Ersatz erhalte; arme Böden verarmen durch's Kalken noch mehr und rascher, und die Erfahrung, dass die Erschöpfung eines Bodens durch's Kalken rascher herbeigeführt werde, spricht sich in dem alten landwirthschaftlichen Sprichwort aus: „dass das Kalken des Bodens reiche Väter und arme Kinder mache".

Vom Kalk kommen meist grössere Mengen zur Verwendung, 50 bis 100 metrische Centner pro Hektar und mehr, selbst bis 200, 300 metrische Centner, wenn Thonboden ansehnlich milder gemacht, Moorboden rascher in einen bindigeren Boden umgewandelt werden will. Je nach dieser Dosis hält die Wirkung dann auch für fünf, zehn oder eine noch viel längere Reihe von Jahren an.

Die gebrannten Kalksteine werden auf dem Felde in kleinen Haufen zusammengefahren und so bis zum Zerfall liegen gelassen; oder man deckt selbe mit Erde, unter welcher sie ebenfalls durch Wasseranziehung zu Staub zerfallen; oder man begiesst sie mit Wasser, so dass sie sich gerade zu Staubkalk löschen. Auch setzt man die Kalksteine schichtenweise mit Erde in grosse Haufen und führt diese Mischung seinerzeit auseinander. Die Vertheilung des Kalkstaubes oder des Gemenges von Erde und Kalkstaub hat bei trockenem Wetter mit der Schaufel so gleichförmig als möglich zu geschehen und bringt man selben mittelst Eggen, mittelst des Exstirpators oder Pfluges unter. Wurde das Feld schon vorher gepflügt und das Pflügen auch nachher einigemale wiederholt, so vermengt sich der Kalk am besten mit dem Boden; deshalb kalkt man sehr gewöhnlich, während das Feld durch längere Zeit brach liegen gelassen wird.

In dieselbe Linie wie das Kalken ist auch das Mergeln des Bodens zu setzen. Ohne Zweifel liegt eine arge Uebertreibung darin, wenn man das ganze Heil des Ackerbaues allein vom Mergel ableiten wollte; allein so viel ist gewiss, dass auf vielen Bodenarten sich keine Melioration so schnell wieder bezahlt macht, als das Mergeln. Der Erfolg würde ein

noch günstigerer sein, wenn man jeden Boden mit einer Mergelart befahren könnte, welche zugleich ein günstiges Mischungsverhältniss in den Bestandtheilen der Krume hervorbrächte. Dem Thonboden sollte also Sand- oder Kalkmergel, dem Sandboden Lehm- oder Thonmergel zugetheilt werden.

Da die Menge, in welcher der Mergel auf die Felder gefahren wird, eine sehr beträchtliche ist und pro Hektar 500 bis 3000 metrische Centner beträgt, so kann natürlich durch das Mergeln das physikalische Verhalten des Bodens sehr bedeutend beeinflusst werden. Offenbar werden durch solch' grosse Mergelquantitäten dem Boden auch gewisse Quantitäten an Kali und Phosphorsäure zugeführt, allein man kann leicht berechnen, dass unter Umständen ihre Zufuhr mehr kosten würde, als diese Stoffe werth sind, und dass sie in anderer Weise weit billiger beschafft werden könnten, obwohl in vielen Fällen auch das Gegentheil der Fall sein wird. Man ersieht dies aus einer Zusammenstellung des Gehaltes an Kali, Phosphorsäure, Kalk und Magnesia in neun Mergelproben in Procenten:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Kali	2·4	2·39	2·07	1·82	0·89	0·98	1·45	2·01	2·01
Phosphorsäure	0·043	0 133	0·174	0 168	0·167	0·338	?	?	0·199
Kalk	22·77	16·11	22·05	12·77	34·04	48·25	16·34	13 04	24·96
Magnesia . .	16·04	8·59	16·13	12·20	26·69	0·38	16·78	10·08	24·27

Die Wirkung einer starken Mergelung hält durch viele Jahre an; gewöhnlich mergelt man jene Felder, welche demnächst Winterfrucht oder eine Hackfrucht tragen sollen. Im ersteren Falle wird oft Brache gehalten, um in dieser Zeit zu gewinnen, den Boden zu lockern und mit dem Mergel zu vermengen.

Die Mergelung selbst wird in der Weise ausgeführt, dass man die bestimmte Menge Mergel in einem gleichförmigen Verbande von kleineren Häufchen auf das Feld oder die Wiese führt, wo der Mergel so lange liegen bleibt, bis er leicht zerfällt; alsdann werden die Häufchen über und über gleichförmig ausgestreut; die Klumpen, die noch vorkommen, zerfallen vollends und man kommt nach Erforderniss der Zertrümmerung der Schollen durch das Eggen, Walzen, mit dem Schollenschlägel und Schollenbrecher zu Hilfe; sofort wird etwa bis zur halben Tiefe untergepflügt, damit der Mergel bei der nächsten Ackerung in gewöhnlicher Tiefe noch besser mit dem Boden vermengt werde.

Mehrfaches Eggen vor und nach den Pflugarbeiten ist nothwendig, und weil hiezu viel Zeit erforderlich ist und günstige Zeit abgewartet werden muss, wird oft nur der Mergelung halber das Feld im betreffenden Jahre brach liegen gelassen.

Wird Mergel auf Wiesen geführt, so braucht er natürlich nur ausgebreitet und gleichförmig vertheilt zu werden, wobei mit leichten Eggen, Schleifen nachgeholfen und günstige Witterung, welche das Krümeln des Mergels erleichtert, gewählt werden muss.

Unter besonderen Umständen lohnt sich auch die Auffuhr von Sand, wie dies bei der sogenannten Veencultur in Holland, namentlich in der Provinz Gröningen und in einzelnen Moordistricten an der deutschen Nordseeküste, vorkommt, wo, nachdem auf grossen Flächen der Torf abgebaut ist, aus der Sohle der Gruben und Canäle der Sand auf die abgetorfte Fläche heraufgeschafft, mit der bei Seite gebrachten obersten Erdschicht und der tiefsten werthloseren und zurückgebliebenen Torfschicht innig gemengt wird, worauf noch die Fruchtbarmachung dieses künstlich gemengten Bodens mit Meeresschlick und dem Abfall der Städte, welcher auf Schiffen zugeführt wird, erfolgt. Auf diese Weise sind die Erträge auf solchem Boden zum Theil so hohe geworden, wie auf den fruchtbarsten Marschböden.

Ein Seitenstück hiezu bietet die Rimpau'sche Dammcultur im Drömling bei Cunrau, bei welcher es indess nicht auf Gewinnung des Torfes, sondern blos darauf abgesehen ist, aus Gräben, welche die Moorfläche auf 20 bis 25 Meter Entfernung durchziehen, zunächst die Moorerde auszuheben und auf den dazwischen liegenden Dämmen auszubreiten und sodann auch den Sand so tief als möglich aus den Gräben herauszuschaffen und auf den Dämmen auszubreiten, dass derselbe zu oberst auf den zu cultivirenden Dämmen eine Schicht von 0·1 Meter Stärke bildet. Bei der Rimpau'schen Cultur ist Regel, die oberste Sandschicht möglichst unvermischt mit der Moorerde zu belassen und zwar deshalb, weil erfahrungsgemäss die Auswinterung weniger leicht erfolgt, wenn die Sanddecke unvermischt erhalten bleibt, als wenn sie mit der Moorerde vermengt wird. Rimpau verwendet zur Fruchtbarmachung solcher Böden hauptsächlich Kalisalze und Superphosphate, ferner Stallmistdüngung an.

Zu den indirect wirkenden Düngemitteln gehört in vielen Fällen auch der Gyps, der schon von den Griechen und Römern zu Düngungszwecken verwendet worden ist. Obwohl der Gyps aus zwei Pflanzennährstoffen besteht, daher sich durch die Wirkung dieser der Nutzen seiner Verwendung erklären liesse, so sind doch alle Autoren über Düngerkunde darin einig, dass der Erfolg der Gypsdüngung nicht allein in der düngenden Wirkung seiner Bestandtheile liegen könne. Es erscheint diese Ansicht deshalb begründet, weil man auch dort eine auffällige Wirkung mit der Gypsdüngung erzielt, wo im Boden von einem Mangel an Kalk und Schwefelsäure nicht die Rede sein kann.

Zwar könnte hier der Einwurf erhoben werden, dass in einem solchen Fall die beiden Nährstoffe nicht in einem zur Aufnahme geeigneten Zustande im Boden enthalten sein möchten, allein derselbe wird dadurch beseitigt, dass bestimmte Erfahrungen vorliegen, nach welchen auch nach erfolgter Gypsdüngung keine Vermehrung seiner Bestandtheile in den geernteten Pflanzen stattgefunden hat, was doch ein sicherer Anhaltspunkt dafür ist, dass die Pflanzen vor der Gypsdüngung keinen Mangel an Schwefelsäure und Kalk zu leiden hatten.

Wenn nun allgemein eine indirecte Wirkung der Gypsdüngung vorausgesetzt wird, so ist man dagegen darüber nicht einig, worin eigentlich diese Wirkung bestehe. Die älteren Ansichten über diesen Punkt sind natürlich ganz unhaltbar, so z. B. die, dass die Gypsdüngung die Thaubildung befördere, dass er als ein Reizmittel auf ein stärkeres Wachsthum der Pflanzen hinwirke, weil er wegen seiner hygroskopischen Eigenschaften den Wassergehalt des Bodens vermehre u. s. w.

Von den neueren Erklärungen ist der Ansicht Liebig's zu gedenken, welche die Wirkung des Gypses in seiner ammoniakbindenden Eigenschaft erblickt. In der Ackererde würde hiebei das flüchtige kohlensaure Ammoniak in schwefelsaures Ammoniak verwandelt und so der Vegetation völlig erhalten. Auch das kohlensaure Ammoniak, welches mit dem Regenwasser auf die Ackererde gelange, soll sogleich seiner Flüchtigkeit beraubt werden, indem es sich mit Gyps zu schwefelsaurem Ammoniak und kohlensaurem Kalk umsetzt, während im anderen Falle ein Theil wieder durch Abdunstung verloren gegangen sein würde.

Eine andere Erklärungsweise für die Wirkung des Gypses ist folgende: Der Gyps ist ein lösliches Kalksalz und vermag als solches auf andere Basen, welche sich im absorbirten Zustand in der Ackererde befinden, in der Weise einzuwirken, dass diese, an seine Säure gebunden, in Lösung übergehen, während ein Theil des Kalkes dafür in jene unlösliche Form übergeht, aus der er die andere Base, z. B. Kali, verdrängt hat. Der Erfolg dieses Vorganges wäre ein doppelter: Die Bodenlösung wird erstens an einem in der Ackererde vorhandenen, jedoch absorbirten Nährstoff reicher und es erfolgt die Wirkung, als wenn man eine Kalidüngung vorgenommen hätte; sodann ist zweitens auch zu bedenken, dass die reichere Bodenlösung sich auch verbreitet und mit neuen Erdtheilchen in Berührung tritt, sonach einer grösseren Zahl von Wurzeln Gelegenheit geboten wird, mit demselben in Berührung zu kommen. Dadurch wird auch der tieferen Bodenschicht etwas Kali zugeführt und die tieferwurzelnden Gewächse werden besser ernährt. Diese Ansicht erhält eine Stütze in dem Umstande, dass man gegypsten Klee kalireicher gefunden hat, als nicht gegypsten. Dabei ist noch zu bemerken, dass durch die Gypsdüngung nicht nur Kali, sondern auch Magnesia in Lösung übergeführt wird und dass sich seine lösende Wirkung selbst auf die Phosphorsäure erstreckt.

Eine dritte Ansicht über die Gypswirkung, welche anzuführen wäre, stützt sich auf Versuche, nach welchen eine Pflanze aus einer Lösung mit genau dem gleichen Kaligehalte eine weitaus grössere Menge dieses Nährstoffes aufzunehmen vermag, wenn sich Gyps gleichzeitig in Lösung befindet, als wenn jene allein den Pflanzenwurzeln zugeführt wird.

Noch eine andere Erklärung liegt vielleicht in der Thatsache, dass die Transspiration der Blätter durch Concentration der Bodenlösung herabgedrückt werden könne und dass besonders der Gyps Erhebliches in dieser Richtung zu leisten vermag. Man kann sich nun vorstellen, dass in Folge davon Gewächse auf einem Ackerfeld mit bestimmtem Wasservorrath länger auszuhalten vermögen, wenn durch das Gypsen dem zu grossen Wasserverlust vorgebeugt wird.

Man sieht aus dieser Zusammenstellung der verschiedenen Ansichten, dass die Frage der Gypsdüngung und ihrer in zahl-

reichen Fällen sicher constatirten günstigen Wirkung eine theilweise immer noch nicht ganz geklärte ist.

In der Regel wird die Gypsdüngung nur für Rothklee, Hülsenfrucht, Luzerne, Esparsette, auch Buchweizen angewendet und entweder vor dem Anbau der Gyps ausgestreut oder das Auflaufen der Saat abgewartet und dann erst gegypst, oder es wird zur selben Kleesaat mehrmals Gyps gestreut, nachdem die Mahd des Grünklees erfolgte und der junge Nachwuchs wieder den Boden bedeckt. Von der öfteren oder selteneren Wiederholung hängt es ab, ob man nur 1·5 bis 2 metrische Centner oder deren 4 bis 6 pro Hektar ausstreut. Wird berücksichtigt, dass der Gyps auch zur besseren Vertheilung gewisser absorbirter Nährstoffe, namentlich bis auf grössere Tiefe beiträgt, so wäre es wohl auch angezeigt, beim Doppelpflügen oder Tiefpflügen in die tief geöffnete Furche Gypsmehl zu streuen oder den von Funke construirten Pflug für Untergrundsdüngung in Anwendung zu bringen. Gyps wird, fein vermahlen, in gebranntem und nicht gebranntem Zustande ausgestreut. Letzterer enthält bis 21% Wasser, ist also um $^1/_5$ weniger werth als der gebrannte.

Die Kochsalzdüngung ist eine indirect wirkende, weil das Kochsalz keinen pflanzlichen Nährstoff enthält, Chlor nämlich nur für wenige Pflanzen unentbehrlich zu sein scheint und auch in diesem Falle ganz geringe Mengen genügen, während Natron für gar keine Pflanze erforderlich ist. Dass Kochsalz als Dünger nützlich sei, darüber finden wir schon bei den ältesten Völkern Angaben; aber selbst heutzutage sind die Ergebnisse mit Kochsalzdüngungen noch sehr widersprechende, wofür die Erklärung in folgenden Umständen begründet sein dürfte.

Wird ein Natronsalz mit gewöhnlicher Ackererde, welche absorbirte Basen enthält, in Berührung gebracht, so wird Kalk, Magnesia, Ammoniak und namentlich Kali, auf das es auch hier wieder in erster Linie ankommt, frei, während ein entsprechender Theil Natron in unlöslicher Form fixirt wird. Dadurch entsteht ein Zuwachs an disponiblen Pflanzennährstoffen, ausserdem wird auch der allzustarken Localisation derselben in den oberen Bodenschichten entgegengewirkt. So laugte Eichhorn Erde vergleichsweise mit Wasser und 0·1procentiger

Kochsalzlösung aus und erhielt folgende Zahlen, welche die Anzahl der durch reines Wasser und durch die Kochsalzlösung ausgelaugten Salze, berechnet in Kilogramm für 1 Hektar, angeben:

	Reines Wasser	Kochsalz-Lösung
Schwefelsäure	217·8	242
Phosphorsäure	67·0	50
Kali	250	318·5
Kalk	277·4	586
Magnesia	83·3	153
Ammoniak	18·6	22·6

Die meisten Erfolge zeigt die Kochsalzdüngung auf Wiesen und Futterfeldern und ist ziemlich allgemein die Erfahrung gemacht worden, dass durch Kochsalzdüngungen die Production an vegetativen Organen: Blättern, Stengeln und Wurzeln, bedeutend gehoben wird. Da nun bei solchen Culturen eine Qualitätsveränderung wie bei den Kartoffeln, die stärkeärmer, oder den Zuckerrüben, die bei solchen Düngungen zuckerärmer werden, nicht zu besorgen ist, vielmehr nach den Resultaten derartiger Düngungsversuche mit Kochsalz auf Wiesen gefunden wurde, dass die unter dem Einfluss der Kochsalzdüngung gewachsenen Pflanzen nicht nur an Holzfasern, sondern auch an Porteïn reicher, dagegen etwas ärmer an Kohlehydraten werden, so ist jedenfalls, je nach der Bodenart, der Versuch für specielle Verhältnisse der Wiederholung würdig. Umsomehr wird hierauf Gewicht zu legen sein, als namentlich der Kochsalzgehalt des Futters hiedurch beträchtlich gesteigert und das Futter deshalb vom Vieh begieriger gefressen wird. In diesem Falle kommt eben die Bedeutung des Chlornatriums für die thierische Ernährung mit in Betracht. Dazu kommt, dass das Kochsalz bezüglich der Vertheilung der absorbirten Nährstoffe in grösseren Tiefen sich noch wirksamer als Gyps erweist.

Je nach den Boden- und klimatischen Bedingungen kann die Wirkung der Kochsalzdüngung übrigens in der einen oder anderen Richtung mehr hervortreten, und es wird lediglich Sache der landwirthschaftlichen Praxis sein, sich durch Versuche über ihre Zweckmässigkeit zu orientiren. Die deutsche sowie die österreichische landwirthschaftliche Praxis sind fast durchwegs gegen die Kochsalzdüngungen eingenommen, in England wird dieselbe weit häufiger angewendet.

Im Ganzen wird Kochsalz in geringen Mengen von 1 1/2 bis 3 metrischen Centnern pro Hektar gegeben. In flüssiger Form wäre die Vertheilung die zweckmässigste.

Die Abfälle der Salinen, der sogenannte Dornstein oder Pfannenstein, enthalten neben geringen Mengen Kochsalz hauptsächlich Gyps, Glaubersalz, kohlensauren Kalk und wirken deshalb ähnlich wie Gyps.

Das Wasser.

Das Wasser ist eine unentbehrliche Wachsthumsbedingung, hat aber auch noch eine andere Bedeutung, indem es Nährstoffe der Pflanzen, theils in suspendirtem, theils in aufgelöstem Zustande enthält und dieserwegen auch düngende Eigenschaften besitzt. Wenn einerseits beklagt wird, dass die grosse Masse von Dungstoffen, welche in den Städten sich ansammeln, meist nutzlos für die Landwirthschaft verloren gehen, so ist es andererseits als ein noch grösserer Verlust zu betrachten, dass mit dem Wasser der Bäche, Flüsse und Ströme riesige Massen des feinsten Verwitterungsbodens fortgeführt werden. Das einzige Mittel, dieses werthvolle, suspendirte und gelöste Materiale theilweise zu erhalten, bietet die Bewässerung. Indem das Wasser in einer geringeren oder grösseren Höhe über der zu bewässernden Fläche stagnirt oder langsam wegfliesst, setzen sich die suspendirten Theile mehr oder weniger vollständig auf dem Boden ab, der durchtränkte Boden absorbirt einen Theil der gelösten Pflanzennährstoffe und auch die Pflanzenwurzeln können einen Theil dieser gelösten Stoffe aufnehmen, werden somit in ihrer Ernährung unzweifelhaft unterstützt.

Auf seinem Wege durch die capillaren Räume des Bodens und die Felsenspalten und Ritzen der Gesteine nimmt das Wasser theils vermöge seines eigenen Lösungsvermögens, theils unter Mithilfe der gelösten Kohlensäure, verschiedene Bestandtheile auf. So werden Kalk- und Magnesia-Carbonat in Form leicht löslicher Bicarbonate aufgenommen. Vom kohlensauren Kalk löst sich nach Fresenius circa dreissigmal so viel in kohlensäurehältigem Wasser auf, als von reinem Wasser gelöst würde. Auch Eisen und Mangan als Carbonate werden von kohlensäurehältigem Wasser reichlich gelöst; Silicate erfahren durch den Einfluss kohlensäurehältigen Wassers tiefgreifende

Veränderungen; geringe Mengen von Kieselsäure, kieselsaure Alkalien werden löslich; kieselsaurer Kalk und Magnesia werden in kohlensauren Kalk und kohlensaure Magnesia umgewandelt. Aber auch Ammoniak und andere Salze tragen zur Lösung mancher Stoffe im Boden bei; ebenso finden Wechselzersetzungen statt, wie sich denn kohlensaure Magnesia in Gegenwart von Kalksulfat in lösliches Magnesiumsulfat und Kalkcarbonat umsetzt.

Sonach ist die Summe der festen, d. h. beim Eindampfen des Wassers sich nicht verflüchtigenden Bestandtheile, beim Quellwasser und auch beim Brunnenwasser bedingt durch die oben erwähnten Vorgänge in quali wie in quanto. Manche Quellen geben ein vorzüglich reines Wasser, z. B. der Fürstenbrunnen am Untersberg bei Salzburg gibt pro Liter einen Rückstand von nur 0·092 Gramm. Moleschott fand bei der Untersuchung von acht Quellwassern zwischen 0·168 bis 0·393 Gramm Rückstand pro Liter, im Mittel 0·269 Gramm.

Reichardt fand für Quellwasser aus nachstehenden Formationen folgende Zahlen:

Granitformation . .	0·0244	Gr. pro Liter
Buntsandstein . . .	0·125—0·225	„ „ „
Muschelkalk . . .	0·418	„ „ „
Gypsformation . . .	bis 2·365	„ „ „

Das Hochquellwasser der Stadt Wien hat an den Auslaufbrunnen pro Liter 0·13543 Gramm gelöste Stoffe, darin sind:

Kieselsäure	0·00216
Eisen	0·01229
Kalk	0·07426
Magnesia	0·01274
Kali und Natron	0·00566
Schwefelsäure	0·01330
Chlor	0·00052
Organische Substanzen . .	0·01450
Zusammen .	0·13543

Das Wasser von artesischen Brunnen ist gewöhnlich nicht reich an fixen Bestandtheilen; so hat der artesische Brunnen in Wien 0·1 Gramm, in Tours 0·32 Gramm, in London 0·97 Gramm im Liter.

Das Grundwasser, welches die gegrabenen Brunnen liefern, zeigt im Vergleich zum Quellwasser grössere Schwankungen; nach Moleschott im Mittel von neun Brunnenwassern pro

Liter 0·594 Gramm, mit Schwankungen von 0·191 bis 1·301 Gramm.

Wo die Brunnen in der Nähe menschlicher Wohnungen sind, da ist der Gehalt des Wassers grösseren Schwankungen ausgesetzt, denn es sammeln sich die Abfälle und häufen sich im Boden an, deren Auslaugungsproducte nach stärkeren Regen in das Grundwasser gelangen; Wasser, das Zuflüsse aus Stallungen erhält, ist reicher an Kali, Stadtbrunnenwasser reicher an Salpetersäure.

So schwankt der Gehalt für das in den Brunnen befindliche Grundwasser:

	Minimum Gr. pro Liter	Maximum
in Berlin	0·426	2·757
„ München	0·23	2·07
„ Leipzig	0·565	1·350
„ Amsterdam . . .	3·50	4·60

Darin sind überwiegend Bicarbonate von Kalk und Magnesia enthalten, ferner Gyps; Chlor ist constanter Begleiter des Brunnenwassers der Städte. Kieselsäure fehlt fast vollständig, dafür ist Phosphorsäure vorhanden. Organische Bestandtheile sind zwar in jedem Grundwasser zu finden, das Wasser der Stadtbrunnen ist aber daran besonders reich; bei der Zersetzung derselben entsteht Ammoniak, salpetrige und Salpetersäure.

Zur Veranschaulichung folgen einige analytische Belege für das Brunnenwasser der Handelsakademie in Wien:

In einem Liter Wasser sind Gramme:

Kohlensaurer Kalk . . .	0·490
Kohlensaure Magnesia . . .	0·364
Kohlensaures Natron	0·746
Schwefelsaures Kali	0·150
„ Natron . . .	0·271
Chlorkalium	0·074
Kieselsäure	0·003
Organische Substanzen . . .	0·024
Zusammen . .	2·122

Das Flusswasser hat einen durchschnittlich kleinen Gehalt an fixen organischen Bestandtheilen und stimmt derselbe mit jenem der Quellen überein, welche die Flüsse bilden. Dabei ist aber abzusehen von den suspendirten Theilen, welche oft von grosser Feinheit sind und sich oft erst nach monatelangem

Stehen des Wassers absetzen. Die gelösten Stoffe variiren zwischen 0·114 bis 0·396 Gramm pro Liter. Die Jahreszeit ist von Einfluss; im Winter ist der Gehalt an Bicarbonaten grösser.

	Rhein bei Strassbg.	Donau bei Wien	Spree bei Berlin	Seine bei Paris	Themse bei Lond.
Kohlensaurer Kalk	0·1356	0·084	0·065	0·1655	0·115
Kohlensaure Magnesia . . .	0·0051	0·015	0·009	0·0434	—
Schwefelsaurer Kalk	0·0147	0·003	—	0·0269	0·045
Schwefelsaure Magnesia . .	—	0·013	—	—	—
Schwefelsaures Kali u. Natron	0·0135	0·002	0·012	0·0050	—
Chlorcalcium	—	—	—	—	0·062
Chlorkalium	—	—	—	—	0·003
Chlornatrium	0·0020	—	0·012	0·0123	0·036
Salpetersaure alkalische Erden	—	—	—	0·0052	—
Salpetersaure Alkalien . . .	0·0038	—	0·003	0·0094	—
Kieselsaurer Thon od. Eisen-Oxyd	0·0571	0·007	0·013	0·0274	0·002
Organische Substanzen . .	—	—	—	—	0·100
Zusammen . .	0·2318	0·124	0·114	0·2951	0·363

Gebirgsseen sind in der Regel durch reines Wasser ausgezeichnet. Der Zürichersee hat pro Liter 0·139, der Genfersee 0·159 Gramm; hochgelegene Seen sind noch reiner. Wenn aber Seen mehr Wasser verlieren, als sie zugeführt bekommen, nimmt der Salzgehalt zu. So z. B. enthält das Todte Meer in 100 Theilen 42 Theile Salz, der Neusiedlersee enthielt vor seinem gänzlichen Austrocknen über 6%.

Wenn Wasser zur Bewässerung benützt wird, welches wenig Schlammtheile suspendirt enthält, wobei also die Wirkung, die es ausübt, nur in der Anfeuchtung und der Mitwirkung jener Bestandtheile liegen kann, welche darin aufgelöst sind, so fragt es sich, ob und inwieweit dann die letztere, nämlich die düngende Wirkung, wirklich in Betracht kommen kann.

Zunächst besteht kein Zweifel darüber, dass unsere Culturpflanzen in Nährstofflösungen vollständig aufgezogen und bis zur Blüthen- und Fruchtbildung gebracht werden können und ist es gewiss, dass, falls unsere Culturländereien mit Nährstofflösungen bewässert werden könnten, in ausgezeichneter Weise für die Ernährung der Saaten Sorge getragen sein würde. Nun ist aber das Wasser der Bäche und Flüsse und der Seen, wie wir gesehen haben, auch nicht annähernd mit jenem Gehalte an gelösten Stoffen versehen, wie die Nährstofflösungen; es

fehlt namentlich an den stickstoffhältigen Verbindungen gänzlich, während Phosphorsäure und Kali nur spurenweise nachgewiesen werden kann. Es ist möglich, dass auch in einem solchen Wasser die Pflanzen zu einer bescheidenen Entwicklung gebracht werden können und hat z. B. Vincent, ferner Dr. Beyer solche Vegetationsversuche unternommen, wobei in einem völlig unfruchtbaren Boden, der mit reichlichen Mengen an Wasser versorgt wurde, geringe Ernten erzielt wurden. Auch weiss man ja, dass in Brunnenwässern Getreide, unter diesen besonders Hafer, ferner Wiesengräser nothdürftig sich entwickeln können. Ist das Wasser sehr rein, wie z. B. das Hochquellenwasser der Stadt Wien, so erzieht man nur ganz ärmliche Pflanzen, welche nicht einmal bis zur Blüthenbildung gebracht werden können und kaum über das Stadium der Keimpflanzen hinausgelangen.

Nun kann es aber nicht Zweck des Landwirths sein, eine solch' kümmerliche Vegetation zu unterhalten, wenn dies gleich mit Nährstoffen geschieht, welche mit dem Wasser zugeführt werden und ihm wenig kosten, vielmehr geht seine Absicht und sein Streben dahin, möglichst grosse Erträge mit dem geringsten Aufwande zu erzielen. Wenn nun die Pflanzen, ausschliesslich auf die gelösten Stoffe des Bewässerungswassers angewiesen, nur kümmerlich sich ernähren und spärliche Ernten hervorbringen, so muss offenbar im Boden selbst ein grösserer und ausreichender Vorrath von Nährstoffen vorhanden sein, um grössere Ernten möglich zu machen. Dieser ist's, der die Ernten ermöglicht, nicht aber die unzureichende Menge von gelösten Nährstoffen, welche das Wasser zuführt.

In einem fruchtbaren, gut vorbereiteten Boden ist der Tisch immer so reichlich gedeckt, dass noch ein grosser Vorrath übrig bleibt und mit diesem auch jener Antheil, welcher etwa mit den gelösten Stoffen durch das Wasser zugeführt worden ist. Es wäre grundlos, wenn behauptet werden wollte, die Ernten seien möglich geworden durch diesen geringen Beitrag, der vielleicht selbst noch in Frage kommen kann. Wenn wir eine Bodenprobe, die einem Felde oder einer Wiese angehören kann, mit dem zur Bewässerung dienenden Wasser zusammenbringen, wird es ganz von dem Grade der Concentration der Lösung und von dem Absorptionsvermögen des Bodens abhängen, ob ein Theil der gelösten Nährstoffe des Rieselwassers im Boden

zurückbleibt oder ob nicht vielmehr ein Theil der löslichen Nährstoffe des Bodens durch das reichlich zugeführte Wasser ausgelaugt und weggeführt wird. Bei der grossen Verdünnung des Bach-, Fluss- und Quellwassers kann es gar nicht zweifelhaft sein, dass alle nährstoffreicheren Böden, namentlich solche, welche vielleicht künstlich mit düngenden Stoffen versehen werden, durch die gelösten Stoffe des Rieselwassers nicht bereichert werden, sondern im Gegentheile Verlusten ausgesetzt sind, welche mit der Menge des zur Bewässerung dienenden Wassers nur gesteigert werden können.

Nach alledem erscheint es unrichtig, wenn von manchen Seiten die Behauptung ausgesprochen wurde, es könne der geringe Gehalt des Bewässerungswassers an gelösten Pflanzennährstoffen dadurch ausgeglichen werden, dass man recht viel Wasser verwende; denn es bleibt sich ja für die Pflanze vollkommen gleich, ob sie mit ihren Wurzeln in einen Liter Wasser, oder in einen Cubikmeter, oder in einen ganzen See taucht, wenn der Gehalt des Wassers an Nährstoffen dort wie hier derselbe ist. Insbesondere Vincent war der Vertreter dieses irrthümlichen Grundsatzes, nach welchem die Quantität des zur Bewässerung zu verwendenden Wassers im umgekehrten Verhältniss zur Qualität stehen müsse und der deshalb übergrosse Mengen an Wasser braucht, die per Hektar und Secunde von 32 bis 128 Liter schwanken. Sonst schwanken sie nach den Angaben der meisten Hydrotechniker zwischen 10 bis 60 Liter pro Secunde und pro Hektar. Aber auch diese Zahlen dürften viel zu hoch gegriffen sein, da es sich nach den vorausgegangenen Erörterungen bei Verwendung von Wasser, das hauptsächlich nur gelöste Stoffe enthält, blos darum handeln kann, den Boden anzufeuchten und zwar nicht in der Art, damit der Boden fortwährend gesättigt feucht erhalten werde, sondern so, dass er in gleicher Weise wie in Jahrgängen mit günstiger Regenvertheilung sich verhalte. Wenn also beispielsweise ein jährlicher Niederschlag von 700 Millimeter bei entsprechender Vertheilung unter unseren klimatischen Verhältnissen vollkommen genügen würde, um Maximalernten möglich zu machen, wenn dagegen das Minimalausmass der jährlichen Niederschläge, bei welchen Missernten eintreten, nur 400 Millimeter betragen würde, so würde offenbar für

jeden Jahrgang eine während der Vegetationszeit stattfindende Irrigationshöhe von 300 Millimeter ausreichen, um vollständigen Ersatz zu leisten, um so mehr, als man ja bei der jedesmaligen Bewässerung den Boden bis auf grössere Tiefe durchfeuchtete, aus welcher der Wasservorrath nur sehr langsam durch Verdunstung verloren geht. Würde man annehmen, dass bei trockener Witterung Wiesen und Felder von je acht zu acht Tagen bewässert würden und dass die jedesmalige Stärke der Bewässerung 30 Millimeter betrüge, so könnte in dieser Weise zu zehn verschiedenen Malen der Regenlosigkeit abgeholfen werden, was gewiss auch in den trockensten Sommern ausreichen müsste. Denn in den ersten Frühjahrsmonaten wird ja der vorhandenen Winterfeuchte wegen eine Bewässerung in der Regel gar nicht nothwendig sein, im Sommer kommen aber doch wiederholt ausgiebige Regen vor, wo man die künstliche Bewässerung aussetzen kann. Aber wenn wir selbst deshalb, weil eine gleichmässige Vertheilung des Rieselwassers nicht so vollständig wie beim Regen erfolgen kann und deshalb eine locale Wasserverschwendung eintritt, die doppelte Irrigationshöhe während der Vegetationsperiode von 600 Millimeter aufbringen wollten und somit zwanzigmal anzufeuchten vermöchten, erhalten wir doch immer erst eine Zufuhr von 0·4 Liter pro Secunde und Hektar, wenn die Bewässerung durch 180 Tage fortgesetzt werden wollte.

Es braucht nicht erst bemerkt zu werden, dass in feuchten Jahrgängen, in welchen es ohnehin genug regnet, gar nicht künstlich bewässert zu werden braucht, weil ja ein Uebermass an Wasser im Boden ebenso gut schädlich wirkt als ein Mangel, indem ja auch in Folge zu grosser Nässe viel leichter und häufiger eine Missernte eintreten kann, als in Folge zu grosser Trockenheit. Deshalb wäre es ein Fehler, wenn in dem einen Jahre ebenso wie in dem anderen die Bewässerung geleitet werden wollte, vielmehr wird man jeweilig nach Massgabe der Vertheilung der Niederschläge und des vorhandenen Feuchtigkeitsvorrathes im Boden dieselbe reguliren.

Auf Grundlage der vorausgegangenen Erwägungen lässt sich nun ein Urtheil dahin formuliren, dass die in dem zur Bewässerung dienenden Wasser enthaltenen gelösten Stoffe zur Ernährung der Pflanzen so gut wie gar nichts beitragen und

dass mit deren Beihilfe nur minimale Ernten gewonnen werden könnten. Daraus folgt aber ferner, dass die bisher angegebenen, zur Bewässerung dienenden Wassermengen durchaus zu hoch gegriffen sind, dass man, falls es nicht auf die Ansammlung und Zufuhr von Sinkstoffen und Anschlämmung des Bodens ankommt, sich mit der Feuchthaltung desselben begnügen muss, da nicht ein dauerndes Uebersättigtsein des Bodens dem Pflanzenwachsthum förderlich ist, vielmehr die Erhaltung eines mässigen Grades der Feuchte.

Bei der Bewässerung handelt es sich nicht nur um die Menge des Wassers, sondern auch um seine Temperatur. Offenbar wird ein Wasserlauf, der kurz vorher durch schmelzenden Schnee oder durch Eiswasser bereichert worden ist, dessen Temperatur daher nur wenig Grade über Null hat, sich gar nicht für eine Bewässerung eignen; auch ein Wasser mit einer Mitteltemperatur von 8 bis 10^0 Celsius hat einen weit geringeren Werth, als ein solches, welches sich schon vorher in Teichen oder Seen stärker erwärmen konnte. Für die Wiesenbewässerung ist übrigens bei den geringeren Wärmeansprüchen unserer einheimischen Gräser dieser Punkt doch von geringerem Belange, als für die Bewässerung der Felder, auf welchen Pflanzen cultivirt werden, die zur Reife gelangen sollen und hiezu eine höhere Temperatursumme benöthigen.

Dass das Bewässerungswasser direct schädlich wirkende Stoffe mit sich führt, wird wohl nur ausnahmsweise vorkommen, z. B. dann, wenn in fabrikreichen Gegenden die Wasseradern mit schädlichen Spülwässern der Fabriken beladen sind. Manche Wässer, die durch Moore und Torflager ihren Weg nehmen, können durch ihren Gehalt an Humussäure und an Eisenverbindungen nachtheilig auf die Vegetation einwirken.

Abgesehen von der Quantität und Qualität des Wassers, welche zusammen auf die Wirksamkeit der Bewässerung von dem grössten Einfluss sind, ist der Nutzen einer Bewässerungs-Anlage auch davon abhängig, ob das Wasser zur Zeit, wo es am dringendsten nothwendig ist, auch in zureichender Menge vorhanden ist; ob es ohne zu grossen Kostenaufwand zugeleitet werden kann, aber auch davon, ob die Ableitung desselben von den Grundstücken wieder möglich ist, mit anderen Worten: die Gefällsverhältnisse müssen sowohl für die Wasser-

zufuhr wie die Abfuhr günstig beschaffen sein, denn es ist möglich, dass ein Feld in seinen oberen trockenen Schichten einer Anfeuchtung dringend bedürfte, zugleich aber auch einer Entwässerung in den tieferen Schichten, dass sonach Einrichtungen für Bewässerung und Entwässerung sich gegenseitig unterstützen sollten.

Man hat nördlich von den Alpen bisher — wenn von Bewässerungs-Anlagen die Rede war — immer nur an die Bewässerung der Wiesen gedacht, auch ist in Wirklichkeit bei dem Verbrauche solch' grosser Mengen Wassers, wie solche für Wiesenbewässerung in Vorschlag gebracht worden sind und auch zur Anwendung kommen, an eine Bewässerung der Felder nicht zu denken. Und doch wäre eine solche an vielen Orten nicht weniger wichtig, ja noch viel wichtiger als wie die Wiesenbewässerung, und die berühmtesten Bewässerungs-Anlagen der südlichen Länder und des Orientes der alten und neueren Zeit bezwecken ja auch nicht die Bewässerung des Graslandes, sondern die des Culturlandes überhaupt.

Wird im Gegensatze zu den bisher herrschend gewesenen Ansichten zum Grundsatze erhoben, dass die Bewässerung nicht den Zweck habe, zu düngen, sondern nur anzufeuchten, so wird nichts im Wege stehen, auch dem Ackerlande den Segen der Bewässerung zuzuführen und wird es sich dann hiebei nur darum handeln, den zweckentsprechendsten Vertheilungsmodus für das Wasser ausfindig zu machen. Wo man gegenwärtig mit grossem Aufwande Canäle anlegt, um Wasser für die Bewässerung in grosser Menge zuzuleiten, da wird immer auch die Bewässerung des Ackerlandes mit in's Auge gefasst; auch bei der projectirten Bewässerung des Marchfeldes handelt es sich gleichfalls in erster Linie um die Bewässerung der Feldfrüchte. Wenn stets bei Bewässerungs-Anlagen als Hauptzweck die ausreichende Anfeuchtung festgehalten worden wäre und bei grossen Flächen nicht unermessliche Wassermengen für nothwendig gehalten worden wären, so würden gewiss manche grössere Projecte, die bisher immer nur Projecte geblieben sind, bereits verwirklicht worden sein.

Es gibt zur Erreichung der Bewässerungszwecke verschiedene Bewässerungs-Systeme und könnte man natürlich geschaffene und künstlich hergestellte Bewässerungs-

Anlagen unterscheiden. Erstere sind dort vorhanden, wo die Gestaltung der Oberfläche des Bodens die Zuleitung des Wassers und dessen Vertheilung sehr erleichtert, daher nur geringe Mittel dafür aufzuwenden kommen. Ein künstlicher Bewässerungsbau ist aber ein solcher, wo durch die entweder ganz horizontale Lage des Bodens, oder aber durch eine sehr unregelmässig gestaltete Oberfläche, die Abtragung von Erhebungen und Ausfüllung von Vertiefungen, mithin grössere Kosten in Anspruch nehmende Erdarbeiten nothwendig werden. Zwischen natürlichen und künstlichen Anlagen ist übrigens keine scharfe Grenze zu ziehen und besteht nur ein gradueller Unterschied; die ersteren sind eben mit weit geringeren Kosten herzustellen. Bei beiden Anlagen wird es sehr darauf ankommen, die natürliche Oberflächengestalt des Bodens in einfachster und zweckmässigster Weise dem Bewässerungszwecke dienstbar zu machen. Für beide Hauptsysteme sind nebeneinandergehend verschiedene Arten der Aufleitung des Wassers anwendbar. Entweder wird das Wasser in Gräben, welche zugleich als Ableiter dienen, eingeleitet oder festgehalten und es tritt dann seitlich durch die Grabenwände in den Boden — Einstauung; oder es werden mittelst Dämmen Bassins gebildet, in welche Wasser eingeleitet wird, welches dann über der Bewässerungsfläche steht — Ueberstauung; oder das Wasser wird in geringer Schicht über geneigte Flächen geleitet — Ueberrieselung, welche bei einseitig geneigten Flächen den Hangbau darstellt, bei rückenförmig gestalteten oder gebildeten Flächen, wo die Bewässerungsrinnen nach beiden Seiten überschlagen, aber den Rücken- oder Beetbau. Die Ausführung dieses Gegenstandes fällt in das Gebiet des landwirthschaftlichen Wasserbaues.

Die Wässer, namentlich wenn sie in Bächen und Flüssen hochgespannt sind, also bei Hochwasser, führen eine grosse Menge von suspendirten Theilen mit sich und können solcher aufgeschlämmter Theile im Liter bald nur 0·1 Gramm, aber auch 10 Gramm und darüber enthalten sein, je nach dem Grade der Trübung. Nun haben aber diese feinen Bodenbestandtheile einen sehr grossen Werth und liegt es in hohem Grade im Interesse der Landwirthschaft, dass dieselben sich auf den Culturländereien abzusetzen Gelegenheit finden. Die

zur Bewässerung dienenden Einrichtungen werden für diesen Zweck deshalb weniger geeignet scheinen, weil zur Zeit der Hochwässer, die für kleine und grosse Wasserläufe meist im Sommer eintritt, das trübe Wasser auf die pflanzenbewachsenen Flächen nicht geleitet werden darf, soll nicht eine Verschlämmung der Futterpflanzen oder anderer Saaten eintreten, und hingegen zur Zeit, wo solch' trübes schlammiges Wasser ohne Nachtheil auf Feld oder Wiese geleitet werden könnte, wie im Herbst oder im ersten Frühjahre, eine solche Trübung, die nur bei Hochwasser eintritt, nicht stattzufinden pflegt. Bewässerungs-Anlagen können zur Vertheilung der im Wasser suspendirten Schlammtheile auch aus dem Grunde wenig leisten, weil ja in den Zuleitungs- und Vertheilungsgräben, in welchen das Wasser mit sehr geringer Geschwindigkeit sich bewegt, der grösste Theil als Schlamm sich setzt und bei öfterer Zuleitung solch' trüben Wassers auch eine häufige Reinigung dieser Canäle und Gräbchen nothwendig würde. Deshalb müssen zur Gewinnung grösserer Massen von Schlamm besondere Einrichtungen getroffen werden. Man stellt eingedämmte Bassins her, in welche das mit Sinkstoffen reichlich versehene Wasser systematisch eingeleitet wird. Man hat für diese Schlammablagerungen, welche nach und nach den Boden erhöhen müssen, die Bezeichnung Colmation gewählt und wird es von dem Gehalte des Wassers an Schlammtheilen und von der Menge des auf eine bestimmte Fläche zugeleiteten Wassers abhängen, ob die Erhöhung des Bodens oder die Schlammanhäufung (Colmation) jährlich nur 1 Millimeter oder das 100- selbst 200fache beträgt. In dieser Weise hat sich ohne Zweifel der Boden Unteregyptens, wo durch die jährliche Bewässerung bedeutende Schlamm-Mengen zugeführt werden, seit Jahrtausenden ansehnlich erhöht. Der Sockel der Statue des Rhamnes liegt heutzutage in Folge dieser Colmation schon 3 Meter tief begraben, was die Anschwemmung innerhalb 3200 Jahren bewirkte, sonach die jährliche Bodenerhöhung ungefähr 1 Millimeter betragen mochte. Die interessantesten Aufschwemmungen sind in Italien, im Chianathal zwischen dem Arno und der Tiber und in den Maremmen in Toscana ausgeführt worden. Gleich günstige Erfolge sind auch in Frankreich an den schlammreichen Flüssen Var, Durance und der Isère erzielt worden.

Vom Var, der sich bei Nizza in das Mittelländische Meer ergiesst, ist nachgewiesen worden, dass er bei Hochwasser pro Cubikmeter 36·6 Kilogramm suspendirte Bestandtheile mit sich führe, also pro Liter 3·66 Gramm. In Oesterreich wird von dieser Massregel der Aufschwemmung des im Fluss- und Bachwasser fortgeführten Schlammes nur an wenig Orten Gebrauch gemacht, z. B. an der Elbe auf den fürstlich Schwarzenbergschen Gütern, wo sich ähnliche Einrichtungen, aber nur im kleinen Massstabe finden. Dass auch an den Meeresküsten der Ost- und Nordsee solche Einrichtungen zur Ablagerung des Meeresschlicks bestehen und schon grosse Flächen des besten Marschbodens in dieser Weise gewonnen worden sind und noch gewonnen werden, ist bereits bei einer früheren Gelegenheit hervorgehoben worden.

LITERATUR.

1. Hand- und Lehrbücher.

Sprengel, „Düngerlehre". Leipzig 1839.

J. v. Liebig, „Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie", 1840—1876.

E. Heiden, „Lehrbuch der Düngerlehre", 2 Bände. Stuttgart 1866—1868.

E. v. Wolff, „Praktische Düngerlehre", 5. Auflage. Berlin 1874.

— — „Aschen-Analysen von landw. Producten, Fabriks-Abfällen und wildwachsenden Pflanzen". Berlin 1871.

Th. v. Gohren, Der Dünger und seine richtige Anwendung, in dem Werke: „Die naturgesetzlichen Grundlagen des Pflanzenbaues". Leipzig 1877.

2. Monographien und Abhandlungen.

Von den ausserordentlich zahlreichen Abhandlungen und Aufsätzen über Düngung und Düngemittel kann hier selbstverständlich nur eine sehr bescheidene Anzahl citirt werden.

E. v. Wolff, „Beobachtungen über das chemische Verhalten des Stallmistes bei längerer Aufbewahrung". Landwirthschaftliche Versuchsstationen, I. Band.

— — „Aschen-Analyse des Stallmistes". Ibidem. I. Band.

J. Breitenlohner, „Chemische Untersuchungen auf dem Gebiete des Düngerwesens". Centralblatt für die gesammte Landescultur, 1868 und 1869.

Henneberg und **Stohmann**, „Stoffwechselversuche bei den landw. Hausthieren, insbesondere bei den Wiederkäuern". Landwirthschaftliche Versuchsstationen, X. u. XII. Band.

J. Lawes und **J. Gilbert**, „Ueber Zusammensetzung, Werth und Benützung des städtischen Cloakendüngers", 1867.

v. Salviati, **Eichhorn** und **Röder**, „Die Verwerthung der Abfuhr der Dungstoffe in verschiedenen Städten und darauf bezügliche Vorschläge für Berlin", 1865.

Eichhorn, „Nutzbarmachung der menschlichen Excremente für die Landwirthschaft". Landwirthschaftliche Versuchsstationen, X. Band.

Pettenkofer, „Das Canal- oder Sielsystem in München", 1869.

J. Seyffart, „Das Guanolager im Süden von Peru". Landwirthschaftliche Versuchsstationen, XVII. Band.

A. Weinhold, „Ueber den Baker-Inselguano und die wahrscheinliche Art seiner Entstehung". Ibidem, V. Band.

W. Tod, „Ueber Fledermausguano". Ibidem, I. Band.

Ohlendorff, „Ueber den peruanischen Guano". Hamburg 1865.

Meyn, „Aufklärungen über den Guanohandel", 1863.

J. Lehmann, „Düngungsversuche mit Knochenmehl". Landwirthschaftliche Versuchsstationen, VI. Band.

J. Piccard, „Ueber das Knochenmehl-Superphosphat". Ibidem, IX. Band.

J. v. Liebig, „Anwendung des künstlichen Düngers". Braunschweig 1867.

O. Cordel, „Die Stassfurter Kalisalze in der Landwirthschaft". Aschersleben 1868.

— — „Ueber die Zusammensetzung der wichtigsten Stassfurter Kalidünger". Berlin 1867.

E. Peters, „Ueber das Stassfurter Abraumsalz". Landwirthschaftliche Versuchsstationen, II. Band.

A. Hosaeus, „Ueber die Zersetzbarkeit des Lahnphosphorites". Landw. Jahrbücher 1873.

F. Schwackhöfer, „Ueber die Phosphoritlager in Galizien". Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt 1874.

Dietrich, König und **Kiesow,** „Ueber die Löslichkeit von Phosphaten in Humuslösung und die Verwendung von rohen Phosphaten". Landw. Zeitung für Westphalen und Lippe 1872.

Henneberg und **Dietrich,** „Mergel-Analysen". Journal für Landwirthschaft 1872, Landw. Zeitschrift für den Bezirk Cassel 1873.

Pincus und **Röllig,** „Düngung des Klee mit Gyps". Landwirthschaftliche Versuchsstationen, X. Band.

R. Heinrich, „Ueber die Wirkung des Gypses und schwefelsauren Kalis als Düngung auf Rothklee und Thimotheegras". Landw. Jahrbücher, I. Band, 1872.

E. Heiden, „Düngerwirkung des Kochsalzes". Landwirthschaftliche Versuchsstationen, XI. Band.

Toussaint, „Die Bodencultur und das Wasser". Breslau 1872.

Michaelis und **König,** „Unternehmungen über die qualitative und quantitative Veränderung des Rieselwassers". Landw. Jahrbücher von Nathusius und Thiel, 1877, Landw. Centralblatt, Berlin 1877.

SECHSTER THEIL.

Die Bearbeitung des Bodens.

Einleitung.

Die Erfahrung vieler Jahrtausende hat den Nutzen und die Nothwendigkeit der Bodenbearbeitung des Ackers dargethan, weshalb schon in den ältesten Zeiten eine Bearbeitung des Bodens, wenn auch mit sehr einfachen Werkzeugen und in sehr unvollkommener Weise, vorgenommen worden ist. Nur dort, wo durch periodisch wiederkehrende Ueberschwemmungen der Flüsse der Boden jährlich mit einer neuen Schlammschicht sich bedeckte und ein Ueberhandnehmen der Unkräuter nicht eintrat, beschränkte man sich früher darauf, den Samen in den noch weichen Schlamm einzutreten, um ihn dann bis zur Reife der Saat sich selbst zu überlassen. Uebrigens hat es lange Zeit gedauert, bis dem zur Bearbeitung des Bodens hauptsächlich in Anwendung stehenden Instrumente, dem Pfluge, eine bessere Construction gegeben wurde. Der Pflug, den schon Hesiod beschrieb, ist wahrscheinlich nicht viel schlechter gewesen, als jener, welcher von den Bauern in manchen Gegenden noch jetzt angewendet wird. Erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts hat der Pflug durch Small eine richtigere mechanische Construction erhalten und ist das auch jetzt noch in Anwendung stehende Princip ausgebildet worden, welches seitdem eine grosse Anzahl von Modificationen und Verbesserungen erfahren hat, als deren hervorragendste der Dampfpflug der Gegenwart angesehen werden kann.

Wenn unsere Culturpflanzen im Vergleiche zu den wildwachsenden Pflanzen, von welchen sie abstammen, hinsicht-

lich ihres Nutzungswerthes den letzteren ausserordentlich überlegen sind, so verdanken sie dies gewissen Cultur- und Schutzmassregeln, welche ihnen der Landwirth angedeihen lässt und unter welchen die Bodenlockerung eine der einflussreichsten ist. Denn jene Lockerung, welche auf natürlichem Wege erfolgt, ist beiweitem nicht ausreichend und genügt eben nur, um eine Wurzelbildung zu ermöglichen, wie solche wildwachsenden Pflanzen eigen ist. An dieser natürlichen Lockerung nimmt Antheil der Frost, der in seinen Wirkungen durch künstliche Mittel gar nicht zu ersetzen ist; die wiederholte Befeuchtung und Austrocknung des Bodens, wodurch allmälig auch die härtesten Schollen mürbe werden können; die Durchfeuchtung des Bodens auf grössere Tiefen, wobei ein im trockenen Zustand für Wurzeln ganz undurchlässiger Boden den zartesten Wurzeln das Durchwachsen gestattet; die Wurzelverbreitung selbst trägt, wie wir schon gesehen haben, zu seiner Lockerung nichts bei, wohl aber wird durch selbe insoferne eine bessere Lüftung ermöglicht, als die wurzelerfüllten Räume nach der erfolgten Fäulniss der Wurzeln ebensoviel luftführende Gänge und Canäle darstellen, welche sich von der Oberfläche des Bodens bis in grössere Tiefen verbreiten und ein vielverzweigtes System von nach unten sich verengenden Röhren darstellen. Schliesslich muss auch noch der Larven mancher Insecten, der Tausendfüsse und der Regenwürmer gedacht werden, welche die Ackerkrume, und im Winter selbst den Untergrund, nach allen Richtungen durchsetzen und so den Luftzutritt in das Innere des Bodens jedenfalls befördern.

Die Zwecke der mechanischen Bearbeitung des Bodens sind sehr mannigfaltige. Er soll gelockert und gemengt, aus grösseren Tiefen herausgehoben und gewendet, blos in der Tiefe gelockert und aufgewühlt werden. Wieder in einem anderen Falle soll der aufgestreute Dünger in grösserer oder geringerer Tiefe untergebracht oder nur ganz oberflächlich mit der obersten Erdschicht vermengt werden. Manchmal ist's nothwendig, eine besondere Oberflächengestalt des Bodens zu formiren oder ihn möglichst zu ebnen und festzudrücken. Für alle diese verschiedenen Bearbeitungen des Bodens sind sehr verschiedene Instrumente nothwendig. Wenn bis vor nicht sehr langer Zeit

nur einige wenige Ackergeräthe, als: Pflug, Egge, Schleife, Walze, ausreichend gefunden wurden, den Acker für die Saat gut vorzubereiten, so hat die fortgeschrittene Fabrication landwirthschaftlicher Maschinen nicht nur die Instrumente für die Vorbereitung des Ackers vermehrt, sondern auch vielfach Werkzeuge und Maschinen construirt, welche die Zwischenräume der in Reihen stehenden Saaten bearbeiten.

Wird die Leistung der einzelnen Geräthe und Maschinen berücksichtigt, so sind sie entweder dazu bestimmt, den Boden über und über gleichförmig zu bearbeiten, oder sie haben die Aufgabe, nur einzelne Stellen, Reihen oder Zwischenräume zu markiren, zu schürfen, zu lockern, zu pressen. Die Geräthe, welche den Boden über und über gleichmässig bearbeiten, müssen entweder den Boden wenden und zugleich mehr oder weniger lockern und krümeln, welcher Aufgabe die verschiedenen Pflüge und Ruchadlo's entsprechen; oder sie sollen ihn lockern und mengen, wozu Haken und Zochen, namentlich aber die Grubber (Exstirpatoren) dienen. Instrumente, deren Wirksamkeit sich auf die tieferen Bodenschichten beschränkt, bezeichnet man als Untergrundspflüge oder Wühler. Es muss aber der Boden auch über und über gekrümelt und geklärt werden, wobei er in kleine Krümelchen und Bröckchen, aber nicht zu Staub zerfallen soll; Eggen, Scarificatoren, Stachelwalzen und die Schleifen erfüllen diesen Zweck. Wieder in anderen Fällen sollen die bodenbearbeitenden Instrumente den Boden über und über gleichförmig zusammenpressen, was durch die verschiedenen Walzen und Schollenbrecher geschieht. Zu jenen Instrumenten endlich, welche dazu dienen, einzelne Saatstellen oder Saatreihen vorzubereiten und die Zwischenräume der Drill- und Dibbelsaaten zu bearbeiten, gehören nebst dem Marqueur die Säemaschine, die Pferdehacke, der Häufelpflug, der Kammformer.

Diese verschiedenen Bodenbearbeitungen sind nun bezüglich Zweck und Ausführung näher in Betracht zu ziehen und allgemeine Grundsätze für ihre Anwendung aufzustellen; die Kenntniss der landwirthschaftlichen Geräthe und Maschinen wird hiebei aber vorausgesetzt.

ERSTER ABSCHNITT.

Das Pflügen.

Das Pflügen ist unstreitig eine der wichtigsten Bodenbearbeitungen, weil ja jedes Ackerland fast jährlich einigemale gepflügt werden muss und hiefür pro Hektar je reichlich zwei Arbeitstage eines Zweigespannes in Anspruch genommen werden. Denn da auf dem Felde meist einjährige Pflanzen gebaut werden, d. i. Sommer- oder Winterfrüchte, welch' letztere ja auch keinen länger dauernden Zeitraum als ein Jahr auf dem Felde stehen, so ist der Acker, abgesehen von Jahren, wo er mit perennirenden Futterpflanzen bestellt ist, alle Jahre für eine neue Frucht vorzubereiten. Diese Vorbereitung erhält durch die Beschaffenheit der Pflugarbeit und durch die Zahl der Wiederholung derselben zu bestimmten Zeiten ihren Charakter, so dass man eine Herbst- und Frühjahrs-, eine Brachbestellung unterscheidet. Die Zahl der Ackerungen und deren Ausführung hängt von Boden, Klima, Witterung, der Art der Vorfrucht, dem Culturzustand, der Düngung, dann von der anzubauenden Frucht und schliesslich von der Beschaffenheit der anzuwendenden Instrumente selbst ab.

Die Ackerungen bestehen in der gewöhnlichen Pflugarbeit, welche bis zu einer Tiefe von 10, 15, 20, höchstens 25 Centimeter reicht, oder in der Tiefcultur, welche über 25 Centimeter Tiefe hinaus- und selbst bis zu einer Tiefe von 50 Centimeter geht, was freilich nur für Dampfpflüge erreichbar ist.

1. Die Wendung und Lockerung des Pflugstreifens.

Der Erdstreifen soll durch die Pflugschar immer rechtwinkelig abgeschnitten werden und der Pflug hiebei horizontal auf seiner Sohle gehen, weil sonst zum Schaden der Vegetation ein Kamm nicht gepflügter Erde stehen bleibt, in welchem sich eine Brutstätte für die Wurzelunkräuter bilden kann. Je nach der Länge des Streichbrettes und seiner Windung, je nach seinem Abstande von der ungepflügten Landseite wird der abgeschnittene und gehobene Erdstreifen bald allmälig und sanfter umgelegt, bald heftiger bei Seite geschoben und gebrochen

und gekrümelt. Extreme sind in dieser Richtung das Ruchadlo mit der kürzesten, steilsten Windung seines Streichbrettes und das Streichbrett des englischen Pfluges mit dem lang gewundenen Schraubengang des Streichbrettes, das den Erdstreifen ganz allmälig hebt und ohne Krümelung wendet. Durch einfache Vorrichtungen an der vorderen Spitze des Pflugbaumes, durch Höher- oder Tieferlegung des Anspannungspunktes wird es ferner möglich, eine tiefere oder seichtere Ackerung zu bewirken; ebenso wird durch Verschiebung der Anspannung nach links der Pflug aus dem Lande gezogen und dadurch zu schmalerer Furche gestellt, während man durch Verschiebung des Anspannungspunktes nach rechts den Pflug weiter mit der Scharspitze in's Land bringt, d. i. für breitere Furchen richtet.

Man unterscheidet Pflüge, deren Baum nicht unterstützt ist, sondern frei schwingt. Bei diesen hat der Pflüger grossen Einfluss auf ihren Gang, den er durch die hebelartig wirkenden Sterzen vollkommen beherrschen kann. Er vermag den Hindernissen des Terrains entgegenzuwirken, bei welligem, ungleichem Boden stets eine gleich tiefe Furche zu ziehen, Steine und Wurzeln zu umgehen u. s. w. Ein solcher Schwingpflug ist besonders unter schwierigen Ackerungsverhältnissen am Platze; aber nur ein geschickter Arbeiter vermag ihn zu führen und in ungeschickten Händen leistet er eine schlechte und ungleiche Arbeit. Deshalb sind die Pflüge in der Mehrzahl mit einem sogenannten Vordergestell versehen, sogenannte Karrenpflüge; die Tiefe und Breite der Furche wird bei denselben durch die longitudinale und seitliche Verschiebung des Pflugbaumes auf dem Karren hergestellt und die feste Verbindung beider Theile zwingt den Pflugkörper zu einem stetigen Gang auch ohne besondere Achtsamkeit des Führers, sobald er nur erst einmal richtig gestellt ist. Statt des Vordergestelles wird auch eine einfache belgische Schleife (Schuh) angewendet, oder auch ein einzelnes Rad, das übrigens durch die anhaftende Erde leicht unbeweglich wird; der Effect besteht dabei aber nicht nur in einem gleichförmigen Gange, sondern auch darin, dass der Druck des Baumes auf das Vordergestell Reibung veranlasst, weshalb der Schwingpflug nach dynamometrischen Messungen bei derselben Leistung einen geringeren Zugaufwand erfordert. Am wenigsten zweckmässig ist von den Vordergestellen der

zweiräderige Karren, besonders wenn die Achse ungebrochen ist; es geht dann ein Rad in der Furche, eines aber auf dem Lande und die Reibung der Räder an dieser schräg geneigten Achse ist eine sehr bedeutende; man gibt deshalb der Achse entweder ein Knie, oder man macht auch das in der Furche rollende Rad grösser als das obere, und vermindert auf diese Weise die mechanischen Nachtheile.

Im Gebirge oder bei grosser Zersplitterung der Ackerstücke bedient man sich nicht eines fixen Streichbrettes, sondern eines versetzbaren, so dass mit demselben Pfluge nach links sowohl wie nach rechts gepflügt werden kann, wodurch alle Furchen nach einer Seite, an Abhängen also abwärts gewendet werden. Solche Pflüge heissen im Allgemeinen Wechselpflüge, im Gegensatze zu den gewöhnlichen einseitswendigen, die als Beetpflüge unterschieden werden.

Wie es keinen Universalboden gibt, so kann auch der geschickteste Maschinenfabrikant keinen Universalpflug construiren. Ein zäher Thonboden mit fester Grasnarbe macht andere Ansprüche an den Pflug als ein schon mehrmals umgeackerter, mürber, humoser, lehmiger Sand- oder als Humusboden. So muss der Pflug nach Boden und Zustand desselben variiren. In der Regel wird aber ein Landgut, das nicht sehr verschiedenartigen Boden hat, mit Einer Art von Pflügen ausreichen, falls nur durch Stellungsvorrichtungen dafür gesorgt ist, dass das Instrument verschiedenen Zuständen des Ackers und den mannigfaltigen Zwecken bei der Beackerung angepasst werden kann.

Zum stetigen Gange des Pfluges trägt ausser der richtigen Anspannung, Führung und Bauart des Pfluges noch wesentlich ein gewisses Gewicht desselben bei. Ein leichter Pflug wird von jedem unerwarteten Hinderniss, Wurzeln, kleinen Steinen, festerer Erdmasse, ungleichem Ziehen der Thiere, aus seinem Gleichgewicht gebracht, kann sogar ganz aus der Furche herausgeworfen werden und zeigt deshalb bei dynamometrischen Messungen einen grösseren Kraftaufwand als ein schwerer gebauter.

Man nennt die Pflugarbeit in einer Tiefe von 10 Centimeter eine flache, bis 20 Centimeter eine mittlere, eine bis 30 Centimeter reichende eine tiefere. Aber letztere wird auf

einem festgelagerten Boden durch ein Zweigespann nicht mehr zu erreichen sein. Wenn die mittlere Zugkraft pro 1 Quadrat-Decimeter Querschnitt 40 Kilogramm beträgt (Minima und Maxima schwanken zwischen 25 bis 75 Kilogramm und noch mehr), so würde ein Pflugstreifen, welcher bei 20 Centimeter Tiefe unter normalen Verhältnissen 28 Centimeter breit sein muss, einen Querschnitt von 560 Quadrat-Centimeter besitzen und bei festem, berastem Boden nicht weniger als 224 Kilogramm Zugkraft erfordern, eine Leistung, welche auch von zwei sehr starken Pferden nicht mehr gefordert werden könnte. Wo es sich also um eine Ackerung auf sehr festem Boden handeln würde, müsste seichter und schmaler gepflügt und die Furche durch wiederholtes Pflügen vertieft werden.

Die gewöhnliche Furchentiefe wird in der Regel für jede anzubauende Culturpflanze wenigstens einmal gegeben. Jede Ackerung aber, wenn mehrmals für eine Pflanze gepflügt wird, zu gleicher Tiefe auszuführen, ist nicht zweckmässig; denn einmal würde ein beständig gleich tiefes Pflügen an der Furchensohle den Boden sehr fest zusammendrücken, ausserdem werden aber in den meisten Fällen die Zwecke der Ackerung durch abwechselnd seichteres und tieferes Pflügen besser erfüllt.

Soll der Erdstreifen horizontal abgeschnitten, dabei möglichst vollkommen gewendet und die Oberfläche des geackerten Landes möglichst gross hergestellt werden, so muss die Tiefe der Pflugfurche zu ihrer Breite in einem bestimmten Verhältnisse stehen; dieses Verhältniss ist, wenn die Tiefe der Furche $= 1$ gesetzt wird, $1 : 1{\cdot}41$; soll also beispielsweise auf eine Tiefe von 10 Centimeter gepflügt werden, so muss die Furchenbreite 14 Centimeter, bei 15 Centimeter Tiefe die Breite 21 Centimeter betragen.

Die Herstellung einer möglichst grossen Oberfläche ist aber nicht immer die Hauptaufgabe des Pflügens; deshalb wird die Breite der Ackerung sehr verschieden genommen werden können. Beim Stürzen des Graslandes oder der Stoppeln wird beispielsweise recht glatt gepflügt werden können, ohne dass ein erheblicher mechanischer Fehler begangen wird. Die Erdstreifen werden hiebei ganz glatt umgelegt und werden dann zwar nicht mehr eine so grosse Oberfläche darbieten, dafür wird aber die Arbeit rascher gefördert werden. In solchem Falle

kann das Verhältniss der Tiefe zur Breite selbst 1 : 2 und 1 : 3 betragen und sind für derartige seichte und rasch fördernde Pflugarbeiten selbst eigene Pflüge, die sogenannten Schälpflüge, construirt worden. In einem anderen Falle soll eine weitgehende Zertheilung und Krümelung der gepflügten Erde erreicht werden; dann wird man schmale und tiefe Furchen vorziehen. Bei einem Verhältniss der Tiefe zur Breite von 1 : 1·2 oder 1 : 1, oder selbst 1 : 0·8 kann von einem Ueberfallen der abgeschnittenen Erdstreifen keine Rede mehr sein; die Erde wird nicht mehr gewendet, wohl aber wird sie beim eintretenden Seitenschub um so stärker gekrümelt, je tiefer die Pflugfurche im Verhältniss zu ihrer Breite genommen worden ist. Rosenberg-Lipinsky macht über diesen Punkt folgende Bemerkungen: Es ist klar, je schmaler der Pflugstreifen gefasst wird, desto mehr wird die mechanische Bindung der Ackerkrume in der vollen Tiefe gestört und die innige Mischung des Bodens, das Schütten und Bröckeln der Erdmasse hinter dem Pfluge befördert, was besonders bei strengeren Bodenarten die höchste Beachtung verdient; das Feld kann zwar durch Regenschlag und Sonne und bei längerem Liegen eine feste Kruste bekommen, allein in seinem Innern bleibt dasselbe porös, so dass einige wenige Eggenstriche zur Brechung der Kruste hinreichen. Dagegen ersäuft der in breite Pflugstreifen gepflügte Acker, weil ihm jene gründliche und innige Lockerung fehlt, bei heftigem und anhaltendem Regen erfahrungsgemäss sehr bald bis in grössere Tiefe, und lagert fester als vor dem Pflügen. Daher muss bei den gebundenen Böden und vornehmlich bei strengem Boden unnachsichtlich darauf gehalten werden, dass bei der ersten Pflugarbeit nur eine Breite von 10 bis 15 Centimeter gegriffen wird. Rosenberg bemerkt endlich, dass es eine überraschende Erscheinung sei, dass dieses hochwichtige Moment der Bodencultur nicht blos sehr wenig beachtet werde, sondern dass man sogar bei öffentlichen Ausstellungen und Pflugproben häufig diejenigen Pflüge prämiire, welche die breiteste Furche fassen. — Es mag beigefügt werden, dass allerdings bei einer schmäleren Furche mehr Zeit aufgewendet wird als bei einer breiteren, dass sich jedoch der grössere Zeit- und Kostenaufwand durch die bessere Arbeitsleistung hinreichend bezahlt macht. Schüttige, leichte Böden

bedürfen dieser Vorsicht übrigens nicht und kann für sie die erforderliche Krümelung auch bei breiteren Furchen noch erreicht werden, so dass die Furchenbreite so gross gegriffen wird, als es die in Verwendung stehenden Pflüge nur immer gestatten.

2. Die Gestaltung der Oberfläche des Ackerlandes.

Je nachdem recht „glatt" gepflügt wird, oder die Ackerung im normalen Verhältniss der Tiefe zur Breite mit dem Pfluge ausgeführt wird, erscheint der Acker weniger oder mehr rauh, gibt der atmosphärischen Luft und der Egge in verschiedenem Masse Angriffspunkte. In rauhem Zustande wird er im Winter stärker ausfrieren, sich im Sommer durch Ausstrahlung stärker abkühlen, wird er namentlich auch mehr Feuchte verlieren und die Niederschläge werden sich weniger regelmässig im Boden vertheilen. Schon von diesem Gesichtspunkte aus kann von einer Gestaltung der Oberfläche des geackerten Bodens die Rede sein; im engeren Sinne des Wortes erhält aber das geackerte Feld seine Gestalt durch die Gruppirung mehrerer Furchen zu ebenen Gewenden, Beeten, Balken oder Kämmen.

Wenn die Pflugstreifen alle in gleichmässiger Tiefe gezogen, wenn eine gleiche Breite der Erdstreifen eingehalten wird und dieselben alle gleichförmig neben einander gelegt werden, so dass die Oberfläche der fertiggestellten Ackerfläche der Terrainoberfläche entspricht, so ist eben gepflügt worden, man hat einen Ebenbau ausgeführt. Streng genommen kann ein solcher nur durch Kehr- oder Wechselpflüge oder durch's sogenannte Figurenpflügen hergestellt werden, in welch' letzterem Fall man auch Beetpflüge zum Ebenpflügen verwenden kann. Beim Gebrauch der Wechselpflüge wird so gearbeitet, dass der Pflug, am Ende der Furche angekommen, einfach gewendet wird und in der letztgezogenen Furche wieder zurückgeht und die Furchen alle nach einer Seite umlegt. Soll auf ebenem Terrain mit dem Beetpfluge, dessen Pflugkörper feststehend ist und den Erdstreifen stets einseitig wendet, wodurch aber die Furchen längs einer Zuglinie abwechselnd nach rechts und links gewendet werden, ein Ebenbau hergestellt werden, so muss das Figurenpflügen in Anwendung kommen. Das

Figurenpflügen wird nun so ausgeführt, dass entweder vom Umfange oder von der Mitte aus parallel zur Grenze der Figur gefahren wird, wodurch, wenn mit einem rechtswendigen Pfluge die Pflugarbeit an der Grenzlinie der Figur begonnen wird, entweder alle Furchen von innen nach aussen, oder wenn man mit dem Pflügen im Innern der Figur beginnt, alle Furchen von aussen gegen das Innere der Figur geworfen werden; nur ein kleines Stück in der Mitte der Figur und allenfalls ein- oder ausspringende Winkel am Umfange der Figur werden noch besonders gepflügt, wenn sie grössere Flächen darstellen oder besser gespatet. Damit beim Figurenpflügen die Erde nicht immer mehr und mehr aus der Parcelle herausgepflügt oder gegen die Mitte der Parcelle angehäuft werde, was dann geschähe, wenn man immer nur am Umfang oder immer von der Mitte aus das Figurenpflügen beginnen wollte, muss abwechselnd einmal vom Rande her und das nächstemal von der Mitte aus gepflügt werden. Bevor man mit dem Pflügen von innen nach aussen beginnen kann, muss eine entsprechende Figur in der Mitte der Parcelle ausgesteckt und bezeichnet werden, welche noch so gross ist, dass sie mit dem Pflug bequem und genau umfahren werden kann, wozu 50 bis 100 Quadrameter wohl genügen. Dieses kann wohl in sehr leichter Weise geschehen; dennoch scheint es den meisten Landwirthen unbequem und man findet deshalb das Figurenpflügen so selten angewendet, trotzdem bei demselben ein Ersparniss stattfindet, da ununterbrochen gleichmässig fortgepflügt wird und kein Aufenthalt beim Umwenden erfolgt. Andererseits darf aber die Figur keine zu unregelmässige, keine zu kleine sein und muss ein Arbeiter mit einem guten Augenmasse verwendet werden, der zur Ausgleichung bei den letzten Furchen dieselben stellenweise breiter oder schmäler nimmt.

Wird vom Figurenpflügen abgesehen und werden Beetpflüge verwendet, so wird in Gewenden oder in Beeten gepflügt. Zu diesem Zwecke theilt man das Feld in beliebig breite Streifen (Gewende); dieselben können nur 1 Meter oder aber viele Meter, bis 60 und mehr, breit sein. Das Ausstecken der Gewende erfolgt durch das Ausstecken wenn möglich gerader Linien in gleichen Abständen. Wird nun an einer der ausgesteckten Linien mit dem Pflügen begonnen, so wird die erste

Furche, die sogenannte Anstichfurche, ausgehoben. Beim Rückgang des Pfluges wird an die erste Anfurche die zweite Furche an der anderen Seite der Linie angelegt und wird so fortgefahren, bis beide Abtheilungen eines Beetes fertig gepflügt sind. Die Grenzfurche zwischen zwei Beeten ist die Ausstichfurche, die Mittellinie aber eines jeden Beetes oder Gewendes wird von den Anfurchen gebildet. Es ist leicht einzusehen, dass durch die Anfurchen eine Erhöhung oder Wölbung des Beetes gebildet wird, welche um so bedeutender scheint, je schmäler das Beet oder das Gewende ist; dass ferner zwischen den Anfurchen ein schmaler Streifen Landes ungepflügt bleibt; dass ferner an der Stelle der Ausstichfurchen eine Vertiefung gebildet werden wird. Der Uebelstand, dass zwischen den Anfurchen ein schmaler ungelockerter Erdstreifen stehen bleibt, kann und soll behoben werden, indem vor dem Anfurchen die Mittellinie jedes Beetes erst mit einem Haken, Wühler, Grubber u. s. w. gelockert wird; die Erhöhungen und Vertiefungen können zum Theil mit dem auf's Streichbrett umgelegten Pflug oder mit dem Exstirpator oder der Egge mehr oder weniger ausgeglichen werden. Diese Höhenunterschiede sind übrigens bei breiteren Gewenden nur an den Ausstichfurchen bemerkbarer. — Das Anfurchen oder Antreiben der Gewende ist auf etwas coupirtem Terrain eine schwierige und höchst wichtige Sache. In geordneten Wirthschaften wird das Abstecken der geraden und parallelen Linien mit der Kreuzscheibe oder dem Winkelspiegel vorgenommen. Häufig ist auch die Eintheilung eine solche, dass die Anfurchen senkrecht auf eine der Umfangsseiten der Figur oder deren Verlängerung fallen. — In der Mitte der Gewende erfolgt das Zusammenpflügen, von der Grenze der Ausstichfurchen nach rechts und links das Auseinanderpflügen. Es ist Regel, dass bei wiederholtem Pflügen desselben Feldes die Ausstichfurchen Anfurchen, umgekehrt die Anfurchen nun zu Ausstichfurchen werden, d. h. wurde früher zusammengeackert, so wird jetzt auseinandergeackert. — Der Theil an beiden Enden des Feldes, auf welchem der Pflug umwendet, heisst Vorland. Dieses muss nach Beendigung des Ackers besonders, und zwar quer gepflügt werden. Je nachdem an der Grenze des Ackerfeldes Raum zum Auslaufen des Pfluges war, oder dies wegen Einfriedung und

Einhegung des Feldes mit Pflanzungen, Gräben u. s. w. nicht möglich war, sondern die Wendung innerhalb des Feldes erfolgt, kann als Vorland nur ein 1 Meter oder ein 6 bis 10 Meter breiter Streifen umzupflügen sein. Alle diese Operationen lassen sich nur durch Anschauung aus der Praxis lernen, daher nebensächliche Dinge hier, wo es sich nur um die Formulirung wichtigerer allgemeiner Grundsätze handelt, nicht zu erörtern sind.

Schmale Gewende, welche oft nur aus 4 bis 10, in anderen Fällen aus 10 bis 20 und 30 Furchen zusammengesetzt sein können, bilden eigentliche Beete, bei welchen die Wölbung in der Mitte und die Vertiefung an den Ausstichfurchen deutlich hervortritt und eine wellenförmig gestaltete Oberfläche des Bodens zu Stande kommt.

Es ist nicht zu verkennen, dass solchem Beetbau gewisse Uebelstände anhaften, welche in folgenden Punkten zusammengefasst werden können:

1. Sie erfordern einen geübteren Arbeiter zur entsprechenden Herstellung und verursachen einen grösseren Aufwand;

2. die ungepflügten Streifen des Bodens mehren sich, da in der Mittellinie des Beetes, wo die Anfurchen gezogen werden, gewöhnlich keine vorhergehende Lockerung vorgenommen wird;

3. in den Ausstichfurchen tritt Mangel an gutem Boden ein, namentlich auf seichtgründigen Feldern, und da die Ausstichfurchen in der Regel auch anderer Ursachen wegen nur einen geringeren Pflanzenwuchs zeigen, so ist der procentische Antheil an geringer ertragender Fläche um so grösser, je schmäler die Beete gemacht werden, denn er beträgt:

bei 40	Furchen	breiten	Beeten	z. B.	3%
20	„	„	„	„	6%
10	„	„	„	„	12%
8	„	„	„	„	15%
6	„	„	„	„	20%
4	„	„	„	„	30%

der gesammten Feldfläche;

4. dazu kommt ein ungleicher Wuchs, ungleiche Länge und Bestockung, ungleiche Reife auf der Mitte und an den Rändern schmaler Beete;

5. Eggen, Walzen sind auf schmalen Beeten theilweise unwirksam;

6. Drill- und Mähmaschinen können auf schmalen Beeten gar nicht angewendet werden, ebenso wird die Ernte und die Abfuhr derselben vom Felde erschwert;

7. beim Unterpflügen des Samens wird derselbe in der Mitte, beim Untereggen in den Ausstichfurchen mehr zusammengehäuft, und Aehnliches geschieht bei der Unterbringung des Stallmistes;

8. die Ackerung wird nur in der Längsrichtuug des Beetes möglich;

9. die Insolation ist eine ungleiche, wenn die Beete nicht von Süd nach Nord gezogen sind.

Alle diese Nachtheile lassen es wünschenswerth erscheinen, den Beetbau nur auf jene Fälle zu beschränken, wo er einiger Vortheile wegen, die in anderer Weise nicht erreicht werden können, wirklich unentbehrlich ist. Einer der wichtigsten dieser Vortheile ist der, dass durch die Ausstichfurchen eine bessere Ableitung des überschüssigen Wassers erzielt wird, was für feuchte Gebiete mit strengem, an Nässe leidendem Boden oft unentbehrlich ist, wenn der Boden überhaupt culturfähig sein soll. Freilich ist einem solchen Uebelstande durch die Drainage in viel wirksamerer Weise abzuhelfen, daher schmaler Beetbau nach ausgeführter Drainage oft abgeschafft werden kann. Die stärkere Verdunstung des Wassers auf schmalen Beeten, welche einer bestimmten Feldfläche eine weit grössere Oberfläche verschaffen, als dasselbe Feld beim Ebenbau besitzt, fällt mit dem oben angeführten Vortheil theilweise zusammen. — Ein zweiter wichtiger Grund für Anwendung schmaler Beete besteht an manchen Orten in dem Vorkommen einer so seichten Ackerkrume, dass dieselbe künstlich erhöht werden muss, um so auf der Mitte der Beete überhaupt eine lohnende Cultur möglich zu machen. Dieser Grund wird natürlich nur dort bestehen, wo eine Vertiefung und Aufschliessung der Ackerkrume und des Untergrundes in keiner Weise zu erreichen ist. — Dass schliesslich auf Beeten das Jäten leichter ausführbar ist, als auf eben gepflügten, gleichmässig bewachsenen Feldern, indem das Betreten der schmalen Beete in den Ausstichfurchen ohne namhafteren Schaden geschehen kann, dieser Vortheil ist

nicht hoch anzuschlagen, weil ja der Landwirth durch ganz andere Massregeln, als durch das kostspielige Jäten dem Vorkommen der Unkräuter vorbeugen kann.

Recht hinderlich beim Pflügen sind kleine und schmale Ackerfelder. Letztere müssen stets in einer Richtung geackert werden und ist bei denselben das abwechselnde Querpflügen unmöglich. Bei kleinen Feldstücken wird durch das oftmalige Umwenden an den Enden der Zeitverlust ein erheblicher; er beträgt bei Gewenden, welche nur 80 Meter lang sind, bei täglich zehn Arbeitsstunden nahezu fünf Stunden, bei 220 Meter nur noch zwei Stunden; Ochsen verlieren beim Umwenden mehr Zeit als Pferde. Bei kleinen Parcellen ergibt sich zuletzt die Grenze, wo es billiger wird, das Feld zu spaten als zu pflügen.

Zu beachten ist bei der Ueberwachung der Pflugarbeit, dass jeder einzelne Pflug sein besonderes Gewende erhält; auf grossen Gütern sieht man auch zehn und mehr Pflüge hintereinander gehen, was ganz zu verwerfen ist; erhält jeder Arbeiter sein besonderes Gewende, so ist die Arbeitsleistung in quanto und quali besser zu controliren, bei gemeinschaftlicher Anstellung fehlt es nicht an wirklichen und selbstgemachten Aufenthaltsursachen, welche sich auf die ganze Pflugkette fortpflanzen.

Eine eigenthümliche Pflugarbeit ist jene, welche das Bälken oder Halbpflügen genannt wird. Es besteht darin, dass man einen abgeschnittenen Erdsteifen (Balken) auf einen stehen gebliebenen Erdstreifen von Furchenbreite aufsetzt. Wird dabei der abgeschnittene Erdstreifen vollständig umgelegt, so liegt die ehemals untere Seite mit ihrer ganzen Fläche nach oben und die ehemals obere Seite liegt nach unten und deckt die Oberfläche des stehengebliebenen Erdstreifens. Da es sich bei diesem Verfahren darum handelt, den Boden mit möglichst grosser Oberfläche der Luft auszusetzen und die Durchlüftung und das Durchfrieren in ausgiebigster Weise herbeizuführen, so kommt es hauptsächlich darauf an, dass der Balken, welcher stehen bleibt, möglichst schmal ist, dann die Furche so tief und schmal zu nehmen, als dies eben möglich ist, um überhaupt noch den Erdstreifen herauszubringen und aufzusetzen, wenn er auch nicht ganz umgelegt wird. Das Bälken wird auch ausgeführt, wenn vor Winter, aus Mangel an Zeit oder

Arbeitskraft, die Pflugarbeit auf einem Felde nicht mehr vollständig ausgeführt werden kann. Im Frühjahre darauf wird geeggt und auch an das Umpflügen des stehengebliebenen Erdbalkens gegangen.

3. Richtung der Ackerung.

Beim Ebenpflügen ist die Richtung, in welcher die Furchen gezogen werden, für das nachmalige Verhalten des Ackers von geringer Bedeutung. Bei stärkerem Gefälle führt man horizontale oder wenig geneigte Furchen, bei sanfter Steigung kann in beliebiger Richtung gepflügt werden, auch in der Richtung des stärksten Gefälles, wenn der Abzug des Wassers erwünscht und ein Abschwemmen der feinsten Erde nicht zu besorgen ist. Sobald letzteres vorkommt, ist immer quer auf das Gefälle zu pflügen.

Sehr wichtig ist die Wahl der Richtung der Furchen beim Beetbau. Hier soll in den Ausstichfurchen das sich ansammelnde Wasser abgeleitet werden; es muss also ein bestimmtes Gefälle derselben vorhanden sein, das eben von der Furchenrichtung abhängig ist. Aber es muss darauf gesehen werden, dass das abfliessende Wasser auch bei den stärksten Regen keine Einrisse bewirke, welche eben durch's Abschwemmen der Feinerde entstehen. Deshalb dürfen die Beete nur bei schwachem Gefälle in's Hauptgefälle gelegt werden, schräge bei mässigem Gefälle, nahezu horizontal bei einem Gefälle von 7 bis 10 Graden. Auf ebenem Terrain wären die Beete von Nord nach Süd zu legen, um beide Abdachungen der Beete gleichmässig der Insolation auszusetzen.

Das Gesagte gilt hauptsächlich für die Richtung, welche die Ackerung beim Beetbau einhalten soll; es kann aber auch die Richtung gemeint sein, welche den einzelnen aufeinanderfolgenden Ackerungen gegeben werden soll. Diese Richtung wird zweckmässig für verschiedene Ackerungen gewechselt. Es ist hier das Quer- oder Diagonalpflügen gemeint, wobei in Folge der Kreuzung der Ackerfurchen der Boden nicht nur vollkommener vertheilt und gelockert, sondern auch besser gemischt wird. Auch erfolgt bei breiteren Beeten oder Gewenden die Ausgleichung und Ebnung des Beetes gleichförmiger. Nur bei schmalen Beeten (Befängen) lässt sich das Querpflügen nicht ausführen.

4. Zeitpunkt und Wiederholung des Pflügens.

Schon bei der Besprechung der Cohärescenz-Verhältnisse des Bodens ist hervorgehoben worden, dass es für jeden Boden einen gewissen Feuchtigkeitsgehalt gibt, bei welchem sich derselbe am leichtesten krümeln und vertheilen lässt und dieser ist nach Thunlichkeit abzuwarten; denn sowohl bei einem Mehr wie Weniger an Feuchte wird die Pflugarbeit weniger vollkommen ausgeführt, bei einem Extrem von Nässe oder Trockenheit aber kann sie völlig unmöglich werden oder nur mit dem grössten Nachtheil stattfinden.

Bei der Bestimmung des richtigen Grades der Feuchte handelt es sich immer nur um einige wenige Procente der Feuchtigkeit auf oder ab, wobei hervorzuheben ist, dass man denselben nicht nur durch Trockenbestimmungen erfahren kann, wenn überhaupt vorher Untersuchungen über die Cohärescenz-Verhältnisse des Bodens bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden gemacht worden sind, sondern dadurch, dass man auch durch Krümelungsversuche mit der Hand an Ort und Stelle sich leicht von dem richtigen Grad der Feuchte überzeugt. Dabei wird nicht nur eine Bodenprobe aus der obersten Schicht, sondern auch eine solche zu prüfen sein, welche aus der tiefsten Schicht, welche noch durch den Pflug heraufgeholt wird, entnommen ist.

Am wenigsten hat es auf sich, wenn leichte, lockere, schüttige Böden nicht zur rechten Zeit gepflügt werden. Da diese aber im trockenen Zustande die Cohärescenz fast ganz einbüssen, so bewirkt ein Pflügen in diesem Zustande immerhin eine zu grosse Lockerung, ein staubartiges Zerfallen, das besonders dann nicht erwünscht ist, wenn die Pflugarbeit kurz vor der Saat vorgenommen werden müsste. Am günstigsten gestaltet sich die Lockerung bei leichten Böden, wenn dieselben nach vorausgegangener Durchnässung nur ganz wenig abgetrocknet sind; da haben die Bodentheilchen noch etwas Zusammenhang, sie werden in Krümeln und Bröckchen sich zusammenballen, was als der erwünschteste Zustand leichter Böden angesehen werden muss. Selbst starke Nässe schadet beim Pflügen der sandigen Bodenarten wenig oder gar nichts.

Auf schwerem oder stark gebundenem Boden ist dagegen im trockenen Zustande die Cohärescenz so gross, dass der

Pflug die Lockerung und Krümelung nur schwer oder gar nicht bewirken kann. Gleich ungünstig ist die Bearbeitung in stark feuchtem Zustande; die Cohärescenz der Bodentheilchen ist dann so gross, dass das Streichbrett den Pflugstreifen nur drückt, aber nicht lockert oder zerbricht und krümelt, wodurch derselbe beim nachmaligen Austrocknen nur noch mehr erhärtet. Dazu kommt, dass sich die abgetrennten Streifen übereinander bänken und dadurch zahlreiche hohle Räume im Boden gebildet werden. Wenn es doch häufig geschieht, dass die Landwirthe auch bei gebundenen Bodenarten nicht immer den richtigen Grad der Feuchte abwarten, während doch gerade bei diesen Böden die Ausserachtlassung dieser Vorsicht sich am schwersten rächt, so erklärt sich dies zum Theil damit, dass der Landwirth, der mit einer genau bemessenen Zugkraft eine bestimmte Fläche innerhalb eines bestimmten Zeitraumes fertig zu bestellen hat, nicht immer den passendsten Zeitpunkt abwarten kann, will er anders die Feldbestellung bis zum Anbau oder bis zum Anbruch des Winters fertig bringen. Am häufigsten wird darin gefehlt, dass der Boden im Frühjahr in einem zu feuchten Zustande bearbeitet wird. Im Frühjahr aber ist der Nachtheil, sowie auch im Sommer, deshalb der grösste, weil der Boden bei der in diesen Jahreszeiten häufig eintretenden Regenlosigkeit und der starken und raschen Austrocknung am meisten erhärtet. Im Spätherbst, als Vorbereitung für die nächste Frühjahrssaat, kann schon eher bei einer etwas zu grossen Feuchte gepflügt werden, denn von da ab trocknet der Boden ja nicht mehr so vollständig ab, auch thut dann der Winterfrost das Seine, um die etwa verhärteten Schollen und Krusten aufzulockern.

Viel weniger empfindlich sind diejenigen gebundenen Bodenarten, welche einen grösseren Kalk- oder Humusgehalt besitzen, obwohl auch bei diesen das sogenannte „Schmieren" zu vermeiden ist, bei welchem durch den Druck der Schaar und des Streichbrettes am Boden spiegelnde Flächen entstehen, d. h. glatte Flächen, an welchen das Wasser in einer dünnen Schicht ausgepresst wird.

Den Boden bei zu grosser Trockenheit zu pflügen, ist aus zwei Gründen zu vermeiden. Erstens ist der Widerstand, den der Boden entgegensetzt, und der Kraftaufwand, der

erforderlich wird, zugleich mit der Abnützung des Pfluges ein sehr grosser; dann krümelt sich ein solcher Boden sehr schwer, ist mit der Egge gar nicht, mit den schwersten Schollenbrechern kaum zu bearbeiten; in solchem Zustande kann er nicht zur Saat fertiggestellt werden, sondern man muss abwarten, bis er durch eine ausreichende Durchfeuchtung wieder mürber geworden ist.

Auch deshalb ist schliesslich ein Pflügen gebundener Bodenarten in zu feuchtem oder zu trockenem Zustande zu vermeiden, weil in dem einen wie in dem anderen Falle die Beseitigung der Wurzelunkräuter erschwert, wenn nicht unmöglich gemacht wird.

Die Zahl der Pflugfurchen, welche ein Feld in jedem einzelnen Fall erhalten soll, um für die Saat am entsprechendsten vorbereitet zu sein, hängt von sehr verschiedenartigen Umständen ab, unter welchen nachstehende hervorgehoben werden mögen:

1. Die Anforderungen, welche die anzubauende Culturpflanze selbst an die Vorbereitung des Bodens stellt. Manche verlangt einen auf grössere Tiefe sorgfältig gemürbten und gekrümelten Boden, andere erheischen eine geringere Lockerung in die Tiefe und begnügen sich auch mit einer roheren Vorbereitung. Auch ist es nicht ohne Einfluss, ob zu irgend einer Frucht eine Düngung gegeben wird oder ob der Anbau ohne Düngung erfolgt.

2. Auch die Vorfrucht hat einen Einfluss darauf, ob zur nachfolgenden Frucht mehreremale gepflügt oder ob auch nur mit einer Ackerung ausgereicht werden kann. Es kommt vor, dass bei einer Vorfrucht, die wiederholt behackt und behäufelt worden ist und bei deren Ernte der Boden gleichfalls eine wiederholte Lockerung erfahren hat, auch nicht ein einzigesmal gepflügt zu werden braucht, namentlich wenn der Boden von leichterer Beschaffenheit ist und wenn während des Winters nicht durch grosse Schnee- und Regenmassen eine dichtere Lagerung eingetreten ist. Wieder eine andere Frucht, welche den Boden vielleicht in erhärtetem Zustande zurücklässt, weil derselbe während ihres Wachsthums nicht ein einzigesmal gelockert worden ist, kann es erwünscht machen, dass nach ihr eine wiederholte Ackerung vorgenommen werde.

Dasselbe gilt für den Fall, wenn während des Wachsthums der Vorfrucht eine Verunkrautung und Verwilderung des Bodens eingetreten ist; es muss da mehreremale gepflügt werden, um Samenunkraut abzuschneiden und es mit der Pflugfurche wieder zu bedecken, oder um Wurzelunkräuter aus dem gelockerten Boden mittelst Exstirpatoren und Eggen herauszuschaffen.

3. Der Boden selbst hat ferner den grössten Einfluss auf die Zahl der nöthigen Pflugfurchen. Ein loser, schüttiger, leichter oder mürber Boden kann oft durch eine einzige Ackerung entsprechend zur Saat vorbereitet werden, während die bündigen Bodenarten eine drei- bis viermal wiederholte Pflugarbeit erfordern, um den richtigen Grad der Lockerheit zu erhalten.

4. Dass auch das Klima nicht ohne Bedeutung für die Zahl der Bodenbearbeitungen ist, ergibt sich schon aus der ungleichen Vertheilung der Niederschläge in verschiedenen Klimaten. Wo es viel regnet, wo ausgiebige Niederschläge sich häufig wiederholen, da sackt sich der Boden öfter und fester zusammen und die Ackerungen müssen sich öfter wiederholen, als dort, wo die Niederschlagsmengen geringer sind. In einem wärmeren Klima, sowie bei warmer Witterung gehen die chemischen Veränderungen viel schneller vor sich, besonders wenn der Boden ausreichend feucht ist, als in kühleren Gegenden; da verfault der Dünger, die Stoppeln, die Gründüngung, Wurzeln u. s. w. schneller, der Boden schliesst sich schneller auf und es kann nach einigen Wochen schon nach der vorausgegangenen ersten Pflugfurche die zweite folgen. In rauher Jahreszeit dagegen oder in einem ausgedorrten Boden, in dem oft monatelang die Zersetzung der organischen Substanzen einen völligen Stillstand erleidet, sind die einzelnen aufeinander folgenden Pflugfurchen in der Zeit viel weiter auseinander gerückt. So kann es kommen, dass der Landwirth kühler nördlicher Länder oft ein ganzes Jahr der Vorbereitung des Bodens für eine Culturpflanze widmen muss, während der Landwirth milderer Klimate, deren Winter keinen Frost kennt, unter dessen Einfluss die Zersetzung der organischen Substanzen gänzlich sistirt wird, dem Boden auch zwei, selbst drei Ernten in einem Jahre abgewinnen kann, wo dann

natürlich die Vorbereitung für die einzelnen Aussaaten sehr rasch abgethan sein muss.

5. Der Gang der Witterungsverhältnisse in den einzelnen Jahrgängen bedingt mit die Zahl der Ackerungen und so kann es kommen, dass für ein und dasselbe Feld, für ein und dieselbe Frucht, bald nur einmal, bald auch mehreremale gepflügt werden muss. Namentlich dann, wenn eine der Ackerungen nicht bei dem richtigen Feuchtigkeitsgrade des Bodens ausgeführt worden ist, kann die Nothwendigkeit eintreten, dass die zweite oder dritte Ackerung nur deshalb vorgenommen wird, weil gewissen Fehlern der ersteren Pflugarbeiten abgeholfen werden soll.

6. Schliesslich hängt es selbst von der Beschaffenheit des Pflugs und der Zugthiere ab, ob wenige Arbeiten bei Anwendung guter Pflüge nicht schon dasselbe leisten, wie vermehrte Bodenbearbeitung durch geringe Pflüge. Langsame Zugthiere, z. B. Ochsen, werden, wenn der Pflug nur ganz langsam in der Furche fortgezogen wurde, bezüglich der Krümelung des Bodens nie das zu leisten vermögen, wie zwei kräftige, rasch ausschreitende Pferde oder gar der noch schneller bewegte Dampfpflug.

Wie der Gang der einzelnen Ackerungen, ihre Zahl und Aufeinanderfolge im Einzelnen eingerichtet werden soll, darüber können natürlich nicht alle unzähligen Combinationen aufgezählt werden, es muss vielmehr genügen, wenn hier die leitenden Grundsätze zur Erörterung kommen.

Herbst- und Frühjahrsbestellung bilden je einen Cyklus von Bodenbearbeitungen, welche in Anwendung des Pfluges, der Egge, Walze u. s. w. bestehen, unter welchen das Pflügen aber die hervorstechendste Bedeutung hat. Der Gang der Bodenbearbeitung wird deshalb in der folgenden Darlegung zunächst nur bezüglich des Pflügens erörtert. Bei der Herbst-, wie bei der Frühjahrsbestellung gestaltet sich natürlich der Gang der Ackerungen sehr verschieden. Wird die Vorfrucht im Juli oder August, oder erst im September abgeerntet, und der Anbau Ende August oder in der zweiten Hälfte des September oder erst in der ersten Hälfte des October vorgenommen, so stehen entweder mehrere Monate oder kaum einige Wochen zur Herbstbestellung zur Verfügung.

Eigentlich kommen für den Herbstanbau nur Weizen, Roggen, allenfalls Gerste, ferner Raps, Rothklee, Wintererbsen und Winterwicken in Betracht.

Raps kann nur nach einer Vorfrucht folgen, welche das Feld schon zeitlich räumt, z. B. Grünfutter, Rothklee, Buchweizen; denn da der Anbau schon im August oder in den ersten Tagen des September erfolgt und mehrere Ackerungen zu geben sind, so ist ein längerer Zeitraum für die Vorbereitung nothwendig. Mit dem Stoppelstürzen der Vorfrucht erfolgt in der Regel die Unterbringung des Düngers, dann meist noch eine zweite tiefergehende Furche, welche den untergepflügten Dünger untergreift, damit er nicht wieder an die Oberfläche herausgeschafft werde. Oder es werden als Vorbereitung für Raps auch drei Furchen in folgender Anordnung gegeben: Stoppelstürzen (Sturzfurche), zweite tiefe Furche zur Unterbringung des Düngers, dritte seichtere Furche als Saatfurche.

Für Wintergetreide genügen, wenn nicht Brache vorausgeht, zwei Furchen, und zwar die erste Furche zum Stürzen, und wenn gedüngt wird, zur Unterbringung des Düngers; die zweite tiefere Furche als Saatfurche, welche meist nur kurz vor der Saat gegeben wird. Ist aber eine Hackfrucht, die den Boden bald geräumt hat, vorausgegangen, dann kann auch eine einzige Saatfurche häufig genügen, was auch mitunter für Rothklee, Hülsenfrüchte u. dgl. gilt. Wenn dem Wintergetreide und dem Raps die Brachbestellung vorausgeht, dann erfolgt in der Regel eine grössere Anzahl von Ackerungen. Auf die Vorbereitung, welche durch die Brache ermöglicht wird, soll weiter unten ausführlicher zurückgekommen werden.

Weit mannigfaltiger als die Herbstbestellung ist die Vorbereitung für die Sommergewächse, welche, vom Februar und März angefangen, bis Ende Mai und selbst in den Juni hinein fortdauert. Es kann als Vorbereitung für die Frühjahrssaaten die Ackerung nämlich entweder nur im Herbst oder nur im Frühjahr oder theils im Herbste, theils im Frühjahr gegeben werden. In der Mehrzahl der Fälle ist es Regel, die Ackerungen schon im Herbst zu geben, das geackerte Feld in rauher Furche liegen zu lassen, damit der Winterfrost seine lockernde Wirkung recht ausgiebig übe. Namentlich in Ge-

genden mit geringer Feuchtigkeit ist die Herbstbestellung wichtig; denn wenn die Ackerungen erst im Frühjahr erfolgen sollten, würde ein grosser Theil der Winterfeuchtigkeit schon verloren gehen, bevor man nur zur Saat kommt. Wenn also hier eine Frühjahrsfurche gegeben werden sollte, bleibt sie immer auf die Saatfurche beschränkt, oder statt diese zu geben, beschränkt man sich im Frühjahr wohl auch auf eine Lockerung der obersten Schicht des schon im Herbst umgepflügten Feldes mittelst Grubber und Exstirpatoren. Der Cyklus der Ackerungen ist meist folgender: Zwei Pflugfurchen im Herbst, die erste (das Stoppelstürzen) seicht, die zweite tief; Belassung des Feldes in rauher Furche über Winter; ferner eine Saatfurche im Frühjahr, welche aber auch durch eine oberflächliche Lockerung ersetzt werden kann. Wird zu Frühjahrssaaten gedüngt, so kann die Düngung schon im Herbst oder erst im Frühjahr erfolgen. Es kann das Eine wie das Andere zweckmässig und angemessen oder durch die wirthschaftlichen Verhältnisse geboten sein. Bei Frühjahrssaaten, welche spät, erst im Mai oder Anfang Juni, zur Ausführung kommen, werden wegen der eintretenden Verunkrautung meist zwei Frühjahrsackerungen nothwendig. Dies kann auch dann der Fall sein, wenn die Herbstbestellung wegen ungünstiger Witterung oder wegen Mangels an Zeit fertiggebracht nicht mehr oder vorgenommen werden konnte.

Die Combinationen der Pflugarbeiten für die Frühjahrs-Saaten sind demnach sehr mannigfaltig; sie könnten etwa durch folgende Zahlen dargestellt werden:

Zahl der Ackerungen	
im Herbst	im Frühjahr
2	0
2	1
2	2
1	0
1	1
1	2
0	1
0	2

Die Brache.

Das Wort Brache kann in einem doppelten Sinne genommen werden. Man kann ihm die Bedeutung geben, welche in

dem Ausdruck „brach liegen" enthalten ist; es würde dann eben nur ein Ruhenlassen des Bodens bedeuten, in welchem Sinne auch Liebig stets den Ausdruck der Brache gebrauchte. Eine solche Ruhe glaubte man in alten Zeiten nothwendig für den Acker, damit er sich von der Anstrengung erhole, mit welcher man ihn durch die Production grösserer Ernten verbunden glaubte. Man verglich die Leistungen des Ackers mit denen eines Zug thieres und schloss aus der Ermüdung oder Erschöpfung, welche nach grossen Leistungen bei letzterem eintritt, auch auf eine ähnliche Wirkung bei dem Felde. Man kann aber das Wort „Brache" auch von „Brechen" ableiten und dann würde man unter „Brache halten" eine mehrfältige Bearbeitung des Bodens mit Pflug, Egge und Walze während eines Jahres oder des grössten Theiles desselben verstehen. Doch wird auch eine mehrmalige Bearbeitung des Bodens während eines Theiles des Sommers, namentlich wenn in demselben Jahre keine zur Reife bestimmte Frucht, sondern nur Grünfutter gewonnen wurde, als „Brach halten" bezeichnet; die Brache ist dann aber keine reine, ganze, volle oder schwarze Brache, sondern eine halbe oder grüne Brache. Für das blosse Ruhen des Bodens in Grasnarbe besteht der deutsche Ausdruck „dreesch", „dreisch" oder „driesch".

Die Brache ist sehr alt; schon Homer spricht von einem dreimal gewendeten Ackerland; Xenophon und Columella beschreiben sie ausführlich. Auch sah man schon frühzeitig ein, dass man bei der Brache Land und Zeit für die Ernten verliere, und machte schon Virgil darauf aufmerksam, die Brache durch einen richtigen Fruchtwechsel, durch Dünger und Asche entbehrlich zu machen, denn ein Gut, welches Brache hält, producirt im Ganzen wenig, indem ja ein Drittel, selbst die Hälfte der ganzen Ackerfläche unmittelbar zur Pflanzenproduction nichts beiträgt. Das ist Ursache, warum man mehr und mehr sich von der Brache lossagt und sie nur in unvermeidlichen Fällen beibehält; das ist auch Ursache, warum man sie namentlich in Gesellschaft der Dreifelderwirthschaft und der Weidewirthschaft als ein Attribut eines extensiven, dem Fortschritte der Neuzeit fremd gebliebenen Wirthschaftsbetriebes ansieht. Die moderne Landwirthschaft hat in dem Futterbau, dem Hackfruchtbau, dem Fruchtwechsel überhaupt, in der

stärkeren Düngung, der Drainage, in einer vollkommeneren Bodenbearbeitung Mittel gefunden, die Brache an vielen Orten überflüssig zu machen. Dieser Fortschritt ist übrigens schon seit längerer Zeit angebahnt worden. Der Engländer Blyth verlangte schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, dass Klee und Turnips zwischen die Halmfrüchte statt der Brache eingeschoben werde; schon Ende des vorigen Jahrhunderts wollte Schubart vom Kleefeld die Brache durch den Anbau von Rothklee ersetzen. Auf den fruchtbareren Bodenarten ist die Brache nicht blos in England, Belgien, Frankreich, Deutschland, sondern auch in Oesterreich-Ungarn meist schon verschwunden; sie wird noch beibehalten auf geringeren oder sehr gebundenen Bodenarten, in unseparirten Gemeinden u. s. w., doch schwindet namentlich die reine Brache immer mehr.

Es gibt aber Verhältnisse, welche die Brache gar nicht oder nur theilweise entbehrlich erscheinen lassen. Nach den heute über diesen Punkt herrschenden Ansichten sind es vorzugsweise folgende Gründe, welche bei der ausnahmsweisen Beibehaltung der Brache massgebend sind:

1. Ungünstiges Klima in rauhen, namentlich Gebirgsgegenden, wo die Ernte der Vorfrucht spät eintritt, der Anbau der Winterfrucht aber zeitig vorzunehmen ist.

2. Herstellung einer besseren physikalisch-chemischen Beschaffenheit des Bodens und einer günstigeren Structur der Ackerkrume, insbesondere auf schweren, nassen, sauren und eisenschüssigen Böden.

3. Erhaltung des Bodenfeuchtigkeits-Vorrathes, welcher ein sicheres Gedeihen der nachfolgenden Frucht bedingt.

4. Reinigung eines verunkrauteten Ackers auf Böden jeglicher Art.

5. Ruhe des Bodens und Aufschliessung neuer Pflanzennährstoffe durch Verwitterung während der Brachzeit; Herstellung einer guten Ackergahre auf besseren Böden als Vorbereitung zu Raps und anderen Gewächsen, die eben einer guten „gahren" Beschaffenheit des Bodens neben frühzeitiger Saat bedürfen.

Es soll nun kritisch erörtert werden, inwieferne diese Gründe wirklich zur Beibehaltung der Brache zwingen oder ob nicht in den gegebenen Fällen dem Landwirthe ander-

weitige Mittel zu Gebote stehen, das Brachhalten entbehrlich zu machen.

Ad 1. Mit Bezug auf den ersten Punkt ist nichts zu bemerken; wo, wie im Gebirge, die Ernte der meisten Feldfrüchte bis spät in den Herbst hinein verzögert wird, und der Anbau wegen früh einbrechenden Winters meist schon im August geschehen muss, damit die Wintersaaten nur einigermassen entwickelt in den Winter kommen, da wird bei wiederholtem Anbau von einjährigen Gewächsen, falls nicht Gras- und Kleebau demselben eingeschoben werden soll, die Brache nicht zu entbehren sein.

Ad 2. Weniger zwingend ist der zweite Punkt, dass der Boden ein ganzes Jahr unbewachsen bleiben müsse, damit eine bessere Mürbung und Lockerung bewirkt werden könne. Jedenfalls wird dieser Grund nur für die schwersten Bodenarten zu gelten haben, wie man sie immerhin in geringer Ausdehnung in allen Ländern findet. Da mag sie freilich, wie z. B. in Kent in England, nur durch die sorgsamste Cultur vermieden werden können; doch ist sie durch die zweijährige Fruchtfolge, Pferdebohnen und Weizen, beide in Drillcultur gebaut, beseitigt worden; aber es gehört viel Capital und Dünger zu einer solchen Wirthschaftsweise.

Ferner kann die Anwendung der Brache nothwendig werden, wenn nicht mit Sicherheit darauf zu rechnen ist, dass im Durchschnitt der Jahre zwischen der Ernte der Vorfrucht und der nächstfolgenden Saat ein geeigneter und genügender Zeitraum zur Herrichtung der Ackerkrume zu Gebote steht. Letzteres trifft in kühleren und feuchteren Gegenden allerdings häufig nicht zu; da würde es häufig geschehen, dass, wenn in den kurzen Zwischenzeiten auf schweren bündigen Bodenarten die Vorbereitung des Feldes nothwendigerweise geschehen müsste, durch eine solche unzeitgemässe Bodenbearbeitung die Aussaat ganz und gar unmöglich gemacht oder ihr Erfolg von vornherein im höchsten Grad gefährdet würde. In einem solchen Fall findet ganz zweckmässig die Brachbearbeitung statt und pflegt selbe in der Regel in nachfolgender Weise gegeben zu werden.

Die reine oder volle Brache beginnt zweckmässig bereits im Herbste mit einer oder zwei Pflugfurchen. Die eine davon

ist die Furche zum Sturze der Stoppeln oder der Grasnarbe und ist eine seichte; die zweite kann zweckmässig tiefer als die normale Pflugfurche gegeben werden. Schon die erste Furche leitet den Zersetzungsprocess der Stoppeln und Wurzeln oder der Grasnarbe ein; er setzt sich nach der zweiten Furche in der tieferen und wärmeren Bodenschicht dann noch länger fort, bis er durch den Eintritt stärkerer Fröste unterbrochen wird. Es kann im Herbste als erster Theil der Brachbearbeitung auch nur eine Furche gegeben werden und heisst diese dann die Brachfurche. Der strengere Frost des Winters kann nun auf das in rauher Furche liegenbleibende Feld seine Wirkung in ähnlicher Weise äussern, wie er ja auch den härtesten Thonkloss des Ziegelfabrikanten so mürbe macht, dass er im Frühjahr von selbst zerbröckelt.

Wenn der Boden hart gefroren ist, wird gewöhnlich der Dünger aufgefahren und gebreitet und über Winter liegen gelassen. Diese Düngerausfuhr kann aber auch erst Ende des Frühjahres oder zu Anfang des Sommers stattfinden.

Nach Eintritt des Frühjahres bildet sich unter dem Dünger bald eine schwache Vegetation. Man stört sie nicht, sondern lässt sie ruhig grünen und wartet, bis die Samenunkräuter möglichst hervorgekommen sind. Dann wird die zweite Furche gegeben (Wendefurche), welche den Dünger 15 bis 20 Centimeter tief unterbringt; es kann aber diese Furche auch in den meisten Fällen seichter gegeben werden, da es ja an Feuchte in den brachliegenden Feldern nicht mangelt, nur muss Sorge getragen werden, dass der Stalldünger eine möglichst vollkommene Bedeckung erhält. Nun findet die Zersetzung des Düngers im Boden zugleich mit den untergepflügten Unkräutern statt, und weil eine frische Bodenschicht mit frischen Unkrautsamen an die Oberfläche gebracht worden ist, ergrünt das Feld auf's Neue; auch machen die untergepflügten und nicht ganz bedeckten Unkräuter Versuche, noch einmal emporzuwachsen und festen Fuss zu fassen. Diesen Zeitpunkt muss der Landwirth abwarten, um mit der Egge die jungen Samenunkräuter zu zerstören, die noch losen und schwach befestigten Rhizome der Wurzelunkräuter an die Oberfläche zu reissen, damit, wenn sie nicht abgeeggt und aus dem Felde geschafft werden, was das zweckmässigste wäre, sie wenigstens an der Oberfläche verdorren.

So bleibt nun der Boden liegen, bis der Dünger unter der Krume völlig verwest ist, und dann wird zum drittenmal gepflügt, gerührt (Rührfurche). Man benützt zu dieser Arbeit gerne einen Pflug mit steilerem Streichbrette (Ruchadlo) oder den Haken, um den Boden nach Möglichkeit zu krümeln. Der Acker wird hienach ebenso behandelt, wie nach der Wendefurche und da diese Rührfurche in den Juni oder in den Anfang des Juli fällt, so wird durch sie und durch das spätere Eggen Alles, was vom Unkraute auf dem Boden vorhanden ist, gründlich vernichtet. Statt der Eggenarbeit ist auch ein Durchfahren des Ackers mit Grubbern von vortrefflicher Wirkung und kann selbst die Rührfurche ersetzen.

Die vierte Furche, welche kurz vor der Saat gegeben wird, heisst die Saatfurche; sie wendet in der Regel den bereits tief gelockerten Boden nicht mehr, sondern schiebt ihn nur krümelnd zur Seite.

Die Wirkung der Brachbearbeitung wird in weit geringerem Grade erreicht, wenn im Herbst und Frühjahr auf den Stoppeln noch geweidet, und erst mit Anfang des Sommers (also im Juni) mit dem Stürzen begonnen wird, wo dann gewöhnlich nur noch zwei Furchen gegeben werden, die Rührfurche aber durch Grubberarbeit ersetzt werden muss.

Bei der halben Brache, welche am häufigsten nach Klee, oder anderem Grünfutter folgt, werden die Stoppeln im Juni oder Juli gestürzt und der Boden bis zum Herbstanbau noch durch gewöhnlich zwei Pflugfurchen bearbeitet. Auf besseren Bodenarten sind es die Hackfrüchte, welche mit ihrer Bearbeitung an die Stelle der Brache treten. Bei einem rohen, schweren Boden sind diese aber nicht am Platze, weil sie zu ihrer Cultur eine bessere Structur der Ackerkrume erfordern; dazu kommt noch die Erwägung, dass die Hackfrüchte dem Boden überhaupt wenig Wurzelrückstände hinterlassen, da ja die Wurzeln häufig mitgeerntet werden und weil die wiederholte Behackung des Bodens die Zersetzung des Humusvorrathes sehr beschleunigt, was für solche Böden als ungünstig anzusehen ist.

Am geeignetsten sind zum Ersatz für die Brache Futtergemenge oder Pferdebohnen, welch' letztere noch am ehesten auch in einem rohen Boden eine gute Ernte erwarten lassen und die Brache zu ersetzen vermögen. Sowohl die Futtergemenge

wie die Pferdebohnen können auf die Düngerfurche gesäet werden, wobei die Düngung entweder im Winter oder zeitlich im Frühjahr gegeben wird. Im letzteren Falle wäre das Feld vor Einbruch des Winters in Kämmen aufzupflügen und im Frühjahr direct auf die Düngerfurche zu säen. Ist der Stand der Saat ein entsprechend dichter, so verhindert sie einmal die mechanische Wirkung starker Regen, welche während der Brachzeit den unbedeckten Boden oft gänzlich zusammenschwemmen, andererseits vergrössern sie durch ihre Wurzelrückstände den Humusgehalt des Bodens. Wenn nach der Ernte die Wurzeln sich zersetzen, befindet sich der Boden in einem Zustande, dass er nun leichter und mit verhältnissmässig weniger Arbeit zur nächstfolgenden Winterfrucht bestellt werden kann.

Auch durch eine richtige Fruchtfolge, namentlich durch eine richtige Stellung des Rothklees in derselben, kann die Brache entbehrlich gemacht werden. Man sorge dann aber dafür, dass der Klee der Düngung ziemlich nahe steht, damit er sich kräftig entwickle, weil er dann durch seinen Einfluss auf die physikalische wie chemische Beschaffenheit der Ackerkrume die Vortheile, welche die Brache mit sich bringt, gewiss aufwägen wird.

Ad 3. Ein wichtiges Motiv zur Beibehaltung der Brache wird in manchen klimatischen Verhältnissen der Umstand sein, dass, wenn das Feld den Sommer hindurch mit irgend einer Frucht bedeckt ist, die Austrocknung des Bodens eine so weitgehende ist, dass man im Herbste oder Spätsommer zur Zeit der Aussaat nicht mit Sicherheit auf ein gleichförmiges Auflaufen der Saat rechnen kann, oder dass, wenn selbst in Folge ausgiebiger Regen, welche die Ackerkrume auf 10 bis 12 Centimeter tief durchfeuchten, wohl ein Aufkeimen der Saatkörner stattfinden konnte, aber eine kräftige Weiterentwicklung und Bestockung in Folge der Trockenheit der unteren Bodenschichten nicht möglich war. Unter diesen Verhältnissen hätte die Brache die Bedeutung eines die Bodenfeuchtigkeit conservirenden Factors und kommt ihr diese Bedeutung in den osteuropäischen Ländern, z. B. Ungarn, in der Moldau und Walachei, in Mittel- und Südrussland zu, wo deshalb die Brache hauptsächlich aus diesem Grunde nicht entbehrt werden kann. Dass die Brache aber diesen Zweck nur erfüllen wird, wenn die Verunkrautung

der Oberfläche durch das Exstirpiren der Unkräuter hintangehalten wird, ist selbstverständlich, da sonst diese den Feuchtigkeitsvorrath verbrauchen. Unter solchen Verhältnissen wird aber überhaupt eine vielfältige Ackerung nicht nothwendig sein. Es wird eine tiefe Furche vor Winter genügen, im nächsten Frühjahr und Sommer beschränkt man sich auf die Rührfurche und auf's Exstirpiren der Unkräuter. Unmittelbar vor der Saat erfolgt die Saatfurche, damit feuchter Boden heraufgebracht wird, der ein gleichzeitiges und rasches Keimen begünstigt. Dass die Brache eine solche, die Feuchtigkeit corservirende Wirkung ausüben müsse, wird Jedem klar sein, der bedenkt, dass irgend eine Saat, die zur Reife gelangt, eine ganz ausserordentliche Menge Wasser verbraucht, welche der jährlichen Niederschlagsmenge fast gleichkommt, und dass, wenn eine solche Vegetation nicht vorhanden ist, der grösste Theil des Feuchtigkeitsvorrathes grösserer Tiefen dem Boden verbleibt, namentlich wenn durch oberflächliche Lockerung dafür gesorgt wird, das die capillare Wasserleitung im Boden nach aufwärts unterbrochen wird.

Ad 4. Ein nicht selten ausschlaggebender Grund zur Durchführung der Brachbearbeitung ist die weitgehende Verunkrautung, mag diese nun durch sogenannte Samen- oder Wurzelunkräuter herbeigeführt werden, oder veranlasst sein durch unreines Saatgut oder den Ausfall des Unkrautgesämes auf dem Felde, durch Compostdünger u. s. w. Allerdings ist es richtig, dass bei zweckmässiger Cultur, passender Aufeinanderfolge der Früchte, guter Pflege, ausgedehntem Hackfrucht- und Futterbau, bei Anwendung reinen Saatgutes der Landwirth gar nie in die Lage kommen sollte, zur Vertilgung der Unkräuter exceptionelle Massregeln in Anwendung zu bringen und einzelne Felder der Unkräuter halber gleichsam in Belagerungszustand zu versetzen; indessen, es können solche Fälle dennoch mit und ohne Verschulden des Landwirthes vorkommen, daher sie hier berührt werden müssen.

Eine Brache, welche zur Ausrottung der Unkräuter bestimmt ist, wird Reinigungsbrache genannt. In der Regel wird sie nach Getreide folgen. Da die Samen vieler Unkräuter selbst im feuchten Boden jahrelang ihre Keimfähigkeit behalten, so können sie nur dadurch unschädlich gemacht werden, dass

man sie in eine Lage bringt, in welcher sie keimen und dass man darauf die sichtbar gewordenen jungen Unkräuter zerstört. Die Samen müssen zu diesem Zwecke in die Nähe der Oberfläche des Bodens gebracht werden; das Verfahren, welches am sichersten zum Ziele führt, besteht in dem schichtenweisen Emporbringen der Ackerkrume und wäre es gänzlich verfehlt, wenn man durch wiederholtes Aufpflügen in gleicher Tiefe die Zerstörung der Unkräuter bewirken wollte. Am zweckmässigsten wird vorgegangen, wenn die erste Reinigungsfurche mit 8 bis 10 Centimeter gegeben wird, und jede nachfolgende Furche etwa um 5 Centimeter tiefer greift, so dass bei vier Reinigungsfurchen bis auf 25 Centimeter Tiefe gepflügt würde. Es dürfen diese Ackerungen nicht etwa rasch aufeinander folgen, vielmehr muss erst das Ergrünen der heraufgebrachten Unkrautsamen abgewartet werden, bevor die nächste Furche gegeben wird; von der mehr oder weniger günstigen feuchtwarmen Witterung wird es abhängen, ob die Reinigungsfurchen in kürzeren oder längeren Zwischenpausen einander folgen. Nach dem Ergrünen hat die Egge oder der Exstirpator die jungen Unkrautpflanzen zu entwurzeln und zu zerstören, die dann, oberflächlich liegen bleibend, verdorren. Eventuell kann man die Reinigungsbrache auch in anderer Weise ausnützen, indem z. B. Stoppelfrüchte im Herbste gebaut werden, unter welchen diejenigen ausgewählt werden, welche den Boden gut beschatten, z. B. Futterroggen, Winterwicken, Wintererbsen u. s. f.; in diesem Falle kann in die Reinigungsbrache zweckmässig eine Stallmistdüngung eingeschoben werden, welche mit der zweiten Furche erfolgt, die zugleich Saatfurche sein kann.

Eine Brachbearbeitung der Felder zur Vertilgung der mit Rhizomen versehenen Unkräuter dürfte in derselben Weise vorzunehmen oder mit der eben besprochenen Reinigungsbrache zu verbinden sein; doch ist es hier nicht genug, das Feld einfach abzueggen oder zu exstirpiren; es müssen die abgeschnittenen Rhizome durch das Zusammeneggen auch aus dem Felde herausgeschafft werden. Es ist dies eine lästige und namentlich bei feuchtem Wetter sehr schwierige Aufgabe, die in besserer Weise durch den Anbau von ausdauernden Futterpflanzen: Rothklee und Luzerne, ersetzt wird. Diese Pflanzen besitzen bekanntlich eine grosse Reproductionskraft und vertragen ein

mehrmaliges Abschneiden während der Vegetationsperiode in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren, während die perennirenden Unkräuter eine solche Behandlung nicht vertragen und dabei, weil sie nicht in die Lage kommen, die erforderliche Menge von Reservestoffen zu produciren, in diesem ungleichen Kampfe unterliegen.

Ad 5. Als Hauptaufgabe der Bodenbestellung während der Brache hat man endlich auch noch die Herstellung eines besonderen Zustandes des Bodens angesehen, welcher der Hervorbringung der Culturpflanzen besonders günstig ist und hat man diesen Zustand als Ackergahre bezeichnet.

Die älteren Autoren haben unter der Ackergahre offenbar jene physikalische und chemische Beschaffenheit der Ackerkrume auf dem zur Saat hergerichteten Acker verstanden, welche relativ als für die Entwicklung der Pflanzen die günstigste ist. In diesem Sinne äussert sich Nobis, indem er bemerkt: Wenn alle Bodenbestellungsarbeiten den Boden völlig locker gemacht haben und derselbe auch von der Atmosphäre hinlänglich durchdrungen ist, der ihm zugeführte Mist durch die Ackerung innig mit der Ackerkrume vermischt und alles Samen- und Wurzelunkraut völlig zerstört ist, dann nennt man einen so vorbereiteten Acker einen „gahren" Acker. — In ähnlichem Sinne äussern sich Stöckhardt, Schnee, Fühling und Andere. — Bedenklicher ist es schon, wenn Rosenberg-Lipinsky das Hauptgedeihen der Pflanzen von der normalen Gahre des Bodens erwartet und sich hiebei so ausspricht: „Die mechanischen Feldarbeiten sind nur das unerlässliche Mittel zum Zwecke, an und für sich zur Befruchtung nutzlos; nur durch den Hinzutritt der Naturkräfte kann der Acker denjenigen Grad der Lockerheit und Fruchtbarkeit erlangen, welcher in der Vollendung der Gahre seinen Ausdruck findet und auch auf mehrere Jahre vorhält." — Nach Reuning zeigt sich der Boden bei dem Eintritt der Gahre mürbe, porös; er verliert das Bindende, Feste, Schollige; er tritt sich mit dem Fusse kurz ab; der Pflug geht leicht in den Acker und legt diesen kurz um; die Egge geht tief und findet keine Schollen; die Walze drückt auf denselben, macht ihn aber nicht fest; es bildet sich zuletzt ein feines, grünes Moos oder der Acker schlägt aus. „Die Gahre," sagt Reuning, „kann

nur bei Wärme und Feuchtigkeit eintreten; rechtzeitiges Lockern führt sie herbei; man bringt den Acker aber nie zur Gahre, wenn man durch zu frühzeitiges Pflügen die eintretende Mürbe stört; erst wenn die Gahre eingetreten ist, darf wieder gepflügt werden." — Laer äussert sich gleichfalls in Bezug auf jenes eigenthümliche Ergrünen und fügt hinzu, dass es nicht von Unkrautpflanzen allein, sondern von einer eigenen Art von Pflanzen herrühre (moosartige Pflanzen). Allerdings kann Moos erscheinen, aber es ist unerfindlich, warum dieser grüne Anflug etwas Anderes sein sollte, als ein Zeichen einer längeren Ruhe und einer anhaltenden Feuchtigkeit, bei welcher sich eine solche Vegetation auch auf Baumstämmen, an feuchten Mauern und Holzwänden, auf einem ganz geringen und unfruchtbaren Boden einstellen kann. Wenn aber andere Unkräuter erscheinen, so kann dies doch nur bedeuten, dass Unkrautsamen vorhanden ist und dass ebenso die Bedingungen für das Keimen derselben günstige sind. — In Bezug auf die Ackergahre sind überhaupt ganz mystische Ansichten unter den Landwirthen verbreitet. So meinte man, dass die Ackergahre in Folge einer Verdichtung der Wärme eintrete, dass sie in einem gesunden Feuchtigkeitszustande bestehe. Unter Gahre hat man wohl auch eine Art Gährung des Bodens verstanden; diese hätte einen Verlauf und einen Abschluss gleich der Brod-, Bier- und Weingährung. Man hat den Boden als eine Art Garküche aufgefasst, in welcher die Pflanzenstoffe gleichsam vorbereitet und in einen Zustand gelangten, in welchem sie für die Pflanzenwurzeln aufnahmsfähig würden. Oder man stellte folgenden Vergleich auf: Die Schmarotzerpilze, welche Thiere oder Pflanzen bewohnen, brauchen besonders zubereitete und beschaffene Nährstoffe und finden solche nur in einem lebenden thierischen Organismus oder auf einer oder in einer lebenden Pflanze; werden ihnen dieselben Nährstoffe in einer anderen Form dargeboten, so können sie dieselben nicht brauchen, sie können deshalb überhaupt anderswo nicht existiren.

In diesen Auffassungen ist Wahres und Falsches durcheinandergemengt. Bekannt ist nun, welche Verbindungen im Boden vorhanden sein müssen, damit die Culturpflanzen sich reichlich zu ernähren vermögen; jeder Culturboden besitzt dieselben, doch in verschiedenen Mengenverhältnissen, und es

kommt nur darauf an, dieselben, wenn sie fehlen, durch Düngung wieder zu ersetzen. Ausserdem muss aber auch das physikalische Verhalten des Boden sein entsprechendes sein, um grosse Ernten möglich zu machen; dieses Moment wird aber durch die Bodenbearbeitung zumeist beherrscht werden können. Sonach haben wir die Ackergahre nicht als einen besonderen eigenthümlichen Zustand des Bodens aufzufassen, sondern auf eine günstige Combination des chemischen und physikalischen Verhaltens zurückzuführen, von welchem jedes einzelne Moment für irgend einen vorliegenden Fall eine mehr oder weniger genau bestimmbare oder zu schätzende Grösse ist.

Die Tiefcultur.

Dass tiefe Lockerung den Boden in lebhaftere Wechselwirkung mit der atmosphärischen Luft bringt und dadurch seinen Vorrath an mineralischen Nährstoffen durch die rascher fortschreitende Verwitterung erhöht, ist leicht einzusehen; auch vermag ein tiefer gelockerter Boden einen grösseren Wasservorrath zu fassen und besser zu vertheilen und dürre und nasse Perioden können eher überwunden werden; das Wachsthum der Wurzeln wird ein ungleich stärkeres sein und im Verhältniss wird auch die Production an organischer Substanz eine höhere werden. Wurzeln von Pflanzen, die in einem festen Boden als Seichtwurzler gelten, erhalten eine weit tiefere Bewurzelung, wie man dies z. B. bei Getreidepflanzen sehen kann, die auf tief rigoltem Boden wachsen. Auch ist noch zur Ergänzung beizufügen, dass bei tiefer Bearbeitung die ausdauernden Unkräuter auch tiefer abgeschnitten, also eher ausgerottet werden; einjährige Unkräuter werden vergraben, was bei seichten Ackerungen nur unvollständig möglich ist. Dass der Vortheil für Tiefwurzler ein noch auffälligerer sein muss, ist klar. Aber nicht nur die Erträge werden grösser, auch die Qualität der Producte wird gehoben.

Der günstige Einfluss der Tiefe der Ackerkrume auf die Vegetation lässt sich ermessen aus einigen Versuchen, welche Hellriegel in Bernburg derart durchführte, dass er Töpfe von gleich weitem Durchmesser 13, 29, 58 Centimeter hoch mit Erde füllte und mit Gerste besäete. Es verhielten sich die Ernten an Körnern in diesen Töpfen wie

1 : 2·4 : 3·6

jene an Stroh wie

1 : 2 : 3·8

Aehnliche Versuche führte ich selbst, gleichfalls mit verschiedenen Pflanzen, in Töpfen aus, welche 2, 8 und 24 Kilogramm Erde fassten. Beim Mais verhielten sich die Körner-Ernten wie

1 : 6·6 : 14·2

bei Sonnenblumen wie

1 : 3·14 : 6·6

bei Hanf wie

1 : 2 : 4

Mit einem Worte, die tiefe Beackerung des Bodens ist einer der kräftigsten Hebel zur Emporbringung des Ackerbaues in der neueren Zeit gewesen und gilt dies von jeder über die normale oder gewöhnliche Tiefe der Pflugarbeit (15 bis 25 Centimeter) hinausgehenden Vertiefung. Eine Vertiefung der Ackerkrume kommt einer Vergrösserung der Oberfläche gleich!

Es kommt wohl auch vor, dass bei Anwendung der Tiefcultur ungünstige Erfolge sich einstellen; allein es sind dann solche Misserfolge deshalb eingetreten, weil die Tiefcultur gar nicht angezeigt gewesen ist oder weil die Ausführung derselben nicht passend vorgenommen wurde. Vielfach ist es unterlassen worden, die Tiefcultur nach Beschaffenheit des Untergrundes vorzunehmen; man hat, weil an einem Orte günstige Erfolge durch Tiefackerung erzielt worden sind, auch in einem zweiten und dritten Falle die Ackerkrume in gleicher Weise durch tiefes Wenden zu vertiefen gesucht und hat dadurch eine Bodenverschlechterung für eine Reihe von Jahren herbeigeführt oder doch wenigstens die erwarteten Mehrerträge nicht erzielt, indem hier vielleicht nur allmälig tieferes Wühlen angezeigt gewesen wäre.

Man kann drei Verfahrungsarten bei der Tiefcultur unterscheiden:

1. Die allmälige Vertiefung der Ackerkrume. Diese besteht darin, dass man in jeder Düngungsperiode, und zwar in der Regel vor der Düngung, um 1 bis 2 Centimeter tiefer ackert, wobei der aufgepflügte Untergrund heraufgebracht und mit dem Obergrund vermischt wird. Es steht dabei natürlich ganz in der Hand des Landwirthes, je nach Umständen diese Vertiefung rascher oder langsamer auszuführen.

2. Das zweite Verfahren besteht in der Untergrunds-Lockerung, wobei der gelockerte Untergrund nicht nach oben gebracht und der Ackerkrume beigemischt wird. Diese Arbeit kann geschehen: durch Grubber, welche namentlich bei der Tiefcultur mittelst Dampf eine grosse Rolle spielen; mittelst der Gabel, wobei selbe durch Arbeiter hinter dem Pfluge in die Furchensohle eingebohrt und zur Lockerung der aufgebrochenen Erde verwendet wird; oder es kann die Untergrunds-Lockerung mittelst eigens construirter Untergrundspflüge, Minirer, Wühler erfolgen.

3. Das dritte Hauptverfahren der Tiefcultur ist das sogenannte Rajolen, bei welchem der Untergrund aufgebrochen und gelockert, gehoben und auf die zu unterst gebrachte Erde der Ackerkrume gelegt wird. Diese Arbeit kann durch Handarbeit d. i. mittelst des Spatens erfolgen, wobei auf eine Tiefe bis zu 0·5 und 1 Meter gegangen werden kann; oder sie erfolgt durch Spatpflügen, d. i. die Anwendung des Spatens in der vom Pfluge ausgestochenen Furche; oder mittelst des sogenannten Doppelpflügens, wo zwei Pflüge oder zwei Pflugkörper eines und desselben Instrumentes einander für eine Furchenbreite folgen, bis auf 35 bis 40 Centimeter; oder endlich durch grosse starke Pflüge, Rajolpflüge, bis auf gleiche oder noch grössere Tiefe.

Bei Sandböden, wo der Untergrund anhaltend, d. i. von gleicher durchlässiger Beschaffenheit ist, da kommt es wohl vor, dass der Untergrund einigermassen verdichtet ist; durch den Druck der Pflugsohle und durch den Tritt der Arbeitsthiere bildet sich nach und nach eine dichtere Schicht, welche jedenfalls das Versinken des Wassers vortheilhaft verlangsamt. Ein Theil der Landwirthe räth nun von der Vertiefung einer solchen Ackerkrume ab, ein anderer ist nicht dagegen, und zwar aus dem Grunde, weil nicht nur die Feuchte sich leichter in den unteren Schichten verbreiten wird, sondern auch die Wurzeln rascher und tiefer eindringen und so im Grossen und Ganzen doch günstigere Bedingungen als in einer seichten Ackerkrume sich vorfinden werden. Es kommt aber vor, dass unter einer vorzüglich aus Sand bestehenden Ackerkrume eine dünne Thon- oder Lettenschicht sich befindet, oder dass dort, wo der Sandboden mittelst Aufbringung von Thon- oder Lehmmergel eine Verbesserung erfahren hat, die Thontheilchen durch

das Wasser in tiefere Schichten hinabgeführt werden, wo, weil diese dichter zusammengelagert sind, dieselben zurückgehalten werden, was im Ganzen als ein günstiger Umstand anzusehen ist. Eine solche dünne, schwerer durchlassende Schicht soll in der Regel dem leichten Sandboden erhalten werden, da sehr viele Erfahrungen vorliegen, dass im Falle ihres Durchbruches die Ackerkrume zu trocken wurde. Ist die unter der schüttigen Ackerkrume befindliche gebundene Schicht aber mächtiger, so dass auch eine weitergehende Tiefcultur sie nicht durchbricht, so steht in den meisten Fällen gar nichts im Wege, es ist vielmehr nur sehr zu empfehlen, dieselbe durch allmälige Vertiefung der Ackerkrume an die Oberfläche zu bringen. Dieses müsste um so allmäliger geschehen, wenn der undurchlassende Untergrund reich an Eisenoxydulverbindungen sein sollte.

Handelt es sich um die Durchführung der Tiefcultur auf mässig gebundenen Böden, so ist zunächst der Fall zu unterscheiden, wenn der Untergrund an der Luft leicht zerfällt und aufgeschlossen wird und keine schädliche Menge von Eisenoxydulverbindungen enthält. In einem solchen Fall kann der Untergrund, wenn die Ackerkrume noch nicht in höherer Cultur sich befindet und dieselbe so flach sein sollte, dass eine normale Pflugarbeit nicht in gehöriger Tiefe gegeben werden könnte, direct mit der Ackerkrume vermischt werden, wobei die Vertiefung je nach dem angewandten Geräth ganz beliebig erfolgen kann. Hat man es aber mit einer Krume zu thun, welche humusreich und in höherer Cultur ist, so wird es nothwendig sein, den Untergrund zu lockern und die gelockerte Untergrunderde nur allmälig mit der Ackerkrume zu vermengen, indem man die Pflugfurchentiefe nur allmälig vergrössert.

Ist der Untergrund stärker gebunden, aber arm an schädlichen Eisenverbindungen, zerfällt er nicht an der Luft und kann er deshalb, an die Oberfläche heraufgeschafft, nicht leicht zerkrümelt werden, so wird erst eine Lockerung desselben vorzunehmen sein und derselbe nur allmälig an die Oberfläche heraufgeschafft werden dürfen. Ist der Untergrund gebunden und zugleich reich an schädlichen Eisenverbindungen, so wird man nebst der vorhergehenden Lockerung desselben auch durch Einstreuen von gebranntem Kalk in die Furchen eine raschere

Melioration desselben herbeiführen können, so dass dann seine Emporbringung in kürzerer Zeit erfolgen kann.

Bei stark gebundenen Böden wird bei ebenso beschaffenem Untergrunde, wenn die Ackerkrume bereits in höherer Cultur sich befindet, der Untergrund vorerst mit dem Wühler und der Grabgabel gelockert, worauf dann erst nach und nach ein Emporbringen des Untergrundes mit dem Pfluge angezeigt ist. Rajolarbeiten, überhaupt das Heraufbringen einer stärkeren Untergrundsschicht und das Vergraben der cultivirten Ackerkrume, müssen bei solchen Böden ängstlich vermieden werden.

Bei stark gebundenen Böden mit roher Ackerkrume ist das Heraufbringen des Untergrundes dann vortheilhaft, wenn derselbe von leichterer Beschaffenheit ist, als wie die Ackerkrume; es wird alsdann durch Rajolarbeit eine möglichst starke Schicht nach oben gebracht, diese über Winter der Luft ausgesetzt und mit einer gleichzeitigen starken Mistdüngung mit der Ackerkrume vermischt. In allen anderen Fällen wird man sich mit der Untergrund-Lockerung und dem allmäligen Tiefergehen bei der Pflugarbeit begnügen müssen. Anwendung von grösseren Mengen gebrannten Kalkes und starke Mistdüngungen erweisen sich als sehr wichtige Hilfsmittel zur Aufschliessung der gelockerten und heraufgebrachten tieferen Schichten.

Eine Tiefcultur wird am zweckmässigsten vor Winter gegeben oder es kann dieselbe schon im Sommer bald nach der Ernte vorgenommen werden; auch pflegt man für diesen Zweck die reine Brache anzuwenden und ist dann die beste Gelegenheit dazu, dass der „todte" Grund durch abwechselndes Nasswerden und Abtrocknen, sowie durch wiederholtes Gefrieren und Aufthauen gelockert wird, wodurch dann auch die nachfolgende Vermischung mit der alten Krume besser von statten geht.

Bei jeder Tiefcultur soll eine starke Düngung gegeben werden, und zwar Stallmistdüngung, die gewöhnlich das Doppelte betragen muss, wenn durch Rajolarbeiten der rohe Untergrund nach oben gebracht und ohneweiters mit der Ackerkrume vermischt werden will. Der Dünger wird im Herbst oder früh im Winter aufgefahren, gleich gebreitet und bleibt so bis zum Frühjahr liegen.

Am besten baut man nach unmittelbar vorausgegangener Tiefcultur Sommer- und Winter-Oelgewächse, Rüben, namentlich

Wasser- und Kohlrüben, Hafer, auf leichtem Boden Buchweizen, auf schwerem Boden Wickgemenge, wohl auch Pferdebohnen. Halmfrüchte und Mais wird man nach Rajolarbeiten soviel als möglich erst in zweiter oder dritter Tracht bringen, was wenigstens vom Weizen und Roggen gilt; auch Runkelrübe verlangt eine schon länger cultivirte Ackerkrume.

Die eigentliche Tiefcultur wird nur in mehreren Jahren einmal, oft gerade in einem Umlaufe der Fruchtfolge einmal gegeben. Wann sich die Untergrund-Lockerung wiederholen muss, hängt davon ab, ob der Boden sich schnell oder langsam schliesst; je feiner der Untergrund ist, desto öfter muss sie in Anwendung gebracht werden, auch nach Ueberschwemmungen oder nach sehr regenreichen Jahren oder Wintern soll sie sich wiederholen.

Ein ganz bedeutender Fortschritt in der energischen Lockerung und Bearbeitung des Bodens geschah, als man diesem Zwecke auch die Dampfkraft dienstbar machte. Nach mannigfachen Versuchen und der Anwendung sehr verschiedener Systeme adoptirte man gegenwärtig als das entsprechendste die Aufstellung zweier Locomobilen, jede von 14 bis 20 und mehr Pferdekräften, die abwechselnd arbeiten und an zwei Drahtseilen direct den Riesenpflug mit sechs und mehr Körpern in einer Furchentiefe von 20 bis 40 und mehr Centimeter und der entsprechenden Breite über das Feld ziehen. Wo die Grösse der Landgüter nicht ausreicht, um eine so grosse Arbeitskraft genügend zu beschäftigen, treten Genossenschaften zusammen oder ein Unternehmer stellt auf eigene Gefahr und Kosten den Apparat auf und überlässt ihn gegen ein bestimmtes Entgelt zur Miethe. In England sind solcher Dampfpflüge schon sehr viele in Anwendung; aber auch auf dem Continente, namentlich in Deutschland, Oesterreich-Ungarn und Südrussland ist die Zahl der Dampfpflüge in lebhafter Zunahme begriffen. Bezüglich der Kosten kommt es nicht darauf an, ob der gewöhnliche Pflug oder der Dampfpflug eine gleich grosse Fläche billiger bearbeite, obwohl auch hier namentlich bei tieferer Ackerung der Vortheil der grösseren Billigkeit auf Seite der Dampfpflüge ist, sondern es ist vor Allem die bessere Qualität der Arbeit zu berücksichtigen, die entschieden auf Seite der Dampfpflüge zu suchen ist. Nicht nur ist die Ackerung eine viel tiefergreifende, sondern auch eine weit gründlichere bezüg-

lich der Lockerung und Krümelung, hervorgebracht durch die rasche Bewegung der Pflüge, mit welcher auch die stärksten Pferde beim Ackern nicht gleichen Schritt zu halten vermöchten. Ein grosser Vortheil bei der Dampfcultur besteht ferner darin, dass keinerlei Fussstapfen der Zugthiere den Boden wieder zusammenpressen, was bei Anwendung der gewöhnlichen Bodenbearbeitungs-Instrumente ein entschiedener Nachtheil ist, der sich umsomehr vergrössert, je mehr der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens den richtigen Grad übersteigt. Dagegen verlangt die Dampfcultur ein ziemlich ebenes und gleichförmiges Terrain; eine Schlageintheilung, welche grössere Parcellen umfasst; einen Boden, der ohne Nachtheil auf grössere Tiefen gepflügt werden kann, wo also der Untergrund von anhaltender Beschaffenheit ist.

ZWEITER ABSCHNITT.

Die Arbeit der Grubber, Wühler, Pferdehacken, Häufler.

Eine Vervollständigung der Pflugarbeit wird durch die sogenannten Grubber bewirkt; sie haben die Aufgabe, den Boden noch weiter zu krümeln, die Krümeln untereinander und mit dem Mengedünger oder auch den aufgestreuten Samen zu vermengen, das Erdreich zu durchwühlen, Unkräuter zu zerstören u. s. w. Die zu 5, 7 und mehr vorhandenen, aus der Construction des Hakens hervorgegangenen Schaaren schürfen den Boden in einer Tiefe von 5, 10, 20, 30 und mehr Centimeter durch; dabei wird der Boden verschoben und gemengt, jedoch nicht gewendet. Sie ergänzen sonach die Arbeit des Pfluges, ersetzen aber können sie dieselbe nicht; sie vermögen die tieferen Erdschichten nicht heraufzuholen, den Boden nicht zu wenden. Man kann zwei Abtheilungen von Grubbern unterscheiden: die Exstirpatoren und die Reihen-Cultivatoren, je nachdem selbe das Feld über und über bearbeiten oder nur die Zwischenräume zwischen Saatreihen.

Als Repräsentant der Exstirpatoren kann der ursprüngliche Tennant'sche Grubber angeführt werden; er wirkt mittelst starker eiserner, nach vorn fussartiger, in den Boden greifender Schaaren, welche in einem Rahmen eingefügt sind,

geht auf einem Vordergestell und wird hinten durch Sterzen geleitet. Die zahlreichen Formen der Exstirpatoren unterscheiden sich durch die Form und Zahl der Schaarfüsse; durch deren Beweglichkeit, ob sie während des Ganges aus dem Boden gehoben werden können oder nicht; durch die Construction des Rahmens, der aus Holz oder ganz aus Eisen hergestellt sein kann; durch das Vordergestell; durch die Grösse und das Gewicht. So hat beispielsweise Pabst's siebenschaariger Exstirpator nur ein Gewicht von 58 Kilogramm, der Traiprain-Exstirpator von 75 bis 90 Kilogramm, während der Coleman'sche Grubber 320 bis 350 Kilogramm wiegt, der aber auch vier, selbst sechs Zugthiere erfordert. Noch schwerer sind die zu den Dampfpflügen gehörigen Grubber, welche allerdings den Boden auf einen halben Meter tief zu lockern im Stande sind. Die Exstirpatoren gehören zu den vorzüglichsten Bodenlockerungsgeräthen und sollten selbe viel häufiger angewendet werden, als es bisher an den meisten Orten der Fall ist. Nicht nur krümeln sie den Boden in vorzüglicher Weise; ihr Vorzug besteht auch darin, dass sie in Folge ihrer grösseren Breite rascher arbeiten als die Pflüge, indem sie 1 bis 2 Hektar in zehn Arbeitsstunden bewältigen, während der Pflug nur 0·3 bis 0·8 Hektar in der gleichen Zeit fertigbringt.

Als einen Grubber kann man auch den Untergrundspflug ansehen, einen Pflug ohne Streichbrett, nur mit Griessäule, Schaar und Sohle versehen, dessen Aufgabe darin besteht, den Boden 16 bis 20 Centimeter unter der gewöhnlichen Pflugfurche horizontal abzuschneiden und den losgetrennten Boden zu lockern und zu krümeln, ohne ihn zu wenden. Seine Verwendung ist überall dort am Platze, wo die Tiefcultur nicht mit einem Heraufbringen der tieferen Bodenschichten verbunden sein darf, sondern blos in einem Lockern derselben bestehen soll. Von den Untergrundspflügen, welche auch als Minirer oder als Wühler bezeichnet werden, sind die bekanntesten der Pietzpuhler Wühler, der Hohenheimer Untergrundspflug, der amerikanische Untergrundspflug, der Read'sche Wühler, der Eckert'sche Untergrundspflug, der Untergrundspflug von Funke, der zugleich zur Untergrundsdüngung verwendet wird u. s. w.

Die Reihencultivatoren trennt man in Hackinstrumente, Schaufler (Scarificatoren) und Häufler. Die ersteren wirken mit

horizontalschneidenden, verschiedenartig, je nach dem Zweck gestalteten Messern, zerstören die Unkräuter zwischen den Pflanzenreihen und lockern den Boden der Zwischenräume; die Häufler wirken wie ein Pflug mit doppeltem Streichbrette, die Erde auseinanderwerfend und dieselbe an die Pflanzen, wie der Name besagt, anhäufend. Man hat auch versucht, beide Zwecke mit einem combinirten Instrument zu erreichen; die landwirthschaftliche Praxis hat sich jedoch dafür entschieden, lieber einmal zu oft zu hacken und zu lockern, als alle Arbeiten auf einmal verrichten zu wollen; das Unkraut kommt auch allmälig. Beispiele von Reihencultivatoren sind: die schottische Pferdehacke, Smith'sche Pferdehacke, Hackmaschine von Siedersleben, Bölte's Pferdehacke, Ashton's Rübenjäter u. s. w.; von Häuflern: der Hohenheimer Häufelpflug, Häufelpflug von Clayton & Shuttleworth u. dgl.

Das sogenannte Kammpflügen wird in der Regel mit dem Häufelpfluge ausgeführt. In beliebigen Abständen, welche gleich dem Abstand der Kämme zu nehmen sind, werden mit dem Marqueur parallele Linien über das Feld gezogen und auf diesen Linien die Furche mit dem Häufler ausgezogen. Zwischen beiden Furchen bleibt ein ungelockerter Balken stehen, welcher hierauf mit dem Häufelpflug gespalten wird und von dem die Erde mit den beiden Streichbrettern des Häufelpfluges rechts und links vertheilt und angehäufelt wird. Oder es kann die Bildung der Kämme in bestimmten Abständen auch in der Art erfolgen, dass das Feld erst gleichmässig gepflügt und geeggt, hierauf die Markirung der parallelen Kammlinien vorgenommen und schliesslich in denselben mit dem Häufelpflug durchgefahren wird. Die gewöhnliche Entfernung der Kämme beträgt 45 bis 60 Centimeter, doch kann sie auch 60 bis 75 Centimeter betragen. Zur Herstellung von Kämmen mit geringerer Breite hat man wohl auch besondere Kammformer; sie bestehen aus drei kleineren an einem Gestell befindlichen Häufelpflügen, welche bei einem Gange zwei ganze und zwei halbe Kämme aufwerfen. Eine gute Bearbeitung des Bodens muss bei Anwendung dieser Kammformer vorausgehen. Selten wird das Kammpflügen vorgenommen, um den Boden mit grösserer Oberfläche in den Winter zu bringen, viel häufiger wird es in Anwendung gebracht, um gewisse Pflanzen auf Dämmen oder Kämmen cultiviren zu

können. Es ist am Platze, wenn entweder die Ackerkrume eine sehr flache ist, oder aber, wenn sie an übermässiger Nässe leidet, denn es ist klar, dass die Kämme selbst bei lange dauerndem Regen weniger der stagnirenden Nässe ausgesetzt sind und dass, wenn das Grundwasser nur in geringer Tiefe unter der Bodenoberfläche vorhanden sein sollte, die auf den Kämmen stehenden Pflanzen mit ihren Wurzeln demselben mehr entrückt sein werden. Sonach stellt der Kammbau eigentlich nur einen potenzirten Beetbau dar, der mit anderen Mitteln als mit dem Pfluge hergestellt wird. Aber auch die Abtrocknung, Erwärmung und Durchlüftung des Bodens wird beim Kammbau viel vollständiger erreicht, daher er unter den gegebenen Ausnahmsfällen sehr gute Dienste leistet. Für die Kammcultur sind auch besondere Kammwalzen, Kammsäemaschinen, Kammbehackmaschinen erforderlich.

DRITTER ABSCHNITT.

Die Arbeit der Egge.

Die Egge besteht in der Hauptsache aus einem mehrfach getheilten Rahmen, an dessen Unterseite Spitzen, Zähne, Zinken hervorstehen. Da die Egge nebst dem Pfluge zu den verbreitetsten Ackergeräthschaften gehört und zu sehr verschiedenen Zwecken angewendet wird, ist auch die Form und Einrichtung derselben nicht wenig mannigfaltig.

Die Leistungen der Egge sind sehr vielseitige. Vor Allem dient sie zur weiteren Klärung und Lockerung des frisch gepflügten Landes, zur Zerkrümelung der grösseren und kleineren Erdschollen; sie soll dabei gleichzeitig den Boden ebnen. Aber nicht nur frisch gepflügtes Land wird geeggt, auch solches, das längere Zeit gelegen hat, wird abgeeggt; wenn Krustenbildung eingetreten ist, soll diese durch die Egge gebrochen und gekrümelt werden, was freilich in vielen Fällen nur sehr unvollständig erreicht wird; bei einer Verunkrautung des Bodens werden durch die Egge die einjährigen Unkräuter entwurzelt, worauf sie abtrocknen; das Wurzelunkraut wird herausgezogen und häuft sich vor den Zinken an und kann somit entfernt werden. Da durch wiederholte Eggenstriche der Boden gemischt

wird, kann die Egge auch dazu benützt werden, um ausgestreute pulverige Düngermassen mit dem Boden zu vermengen. Nicht selten wird das Saatgut mit der Egge untergebracht; bei feineren Sämereien und breitwürfiger Aussaat verwendet man hiezu ganz gewöhnlich die Egge. Auch die aufgelaufenen Saaten werden abgeeggt, um den verhärteten Boden namentlich im Frühjahr der atmosphärischen Einwirkung wieder zu öffnen; auf Wiesen soll die Egge die Maulwurfshügel, auf Weiden die Excremente der Weidethiere auseinanderziehen. Zu dichte Saaten werden mit der Egge verdünnt, was um so vollständiger geschieht, je schwerer die Egge ist und je tiefer sie mit ihren Zinken eingreift; sowohl bei Getreide-Arten, wie bei Hirse, bei Stoppelrüben, Raps- und Rübsensaaten macht man von der Egge zu diesem Zwecke Gebrauch.

Soll nun aber die Egge all' diesen Anforderungen entsprechen, so wird sie eine sehr verschiedenartige Construction erhalten müssen, ebenso wie solche auch je nach der Beschaffenheit des Bodens sehr verschieden ausfallen kann; die Landessitte trägt ausserdem nicht wenig zur Vielgestaltigkeit dieses Geräthes bei. Es gibt ganz aus Holz gefertigte, daher sehr leichte, und wieder ganz aus Eisen construirte Eggen, welche vier starke Pferde erfordern. Der Gitterrahmen, in welchem die einzelnen Zähne befestigt sind, das Eggengestell, ist dreieckig, viereckig, rhombisch, trapezförmig und gibt es Zickzack- und runde Eggen; der Eggenrahmen ist entweder beweglich oder unbeweglich und die Beweglichkeit bezieht sich entweder auf die einzelnen Theile des Eggengestelles (Ransome's gegliederte Zickzack-Egge), oder auf die Verschiebbarkeit der Zinkenentfernung, oder auf die Beweglichkeit der Zinken in verticaler Richtung, welch' letztere Gruppe von Eggen durch Glieder- oder Ketten-Eggen repräsentirt ist.

Die Zahl der Zinken, welche in einem Eggengestelle angebracht sind, wechselt zwischen 12 und 60. Ihre Vertheilung an dem Rahmen muss eine solche sein, dass jeder Eggenstrich von dem anderen gleich weit entfernt absteht. Bei leichten Eggen (Feineggen) soll die Strichweite 4, bei schweren Eggen mit grösserem Tiefgange der Zinken 8 bis 10 Centimeter betragen. Aber auch die Entfernung der Zinken in der Richtung der Zuglinie muss eine entsprechende, nicht unter 30 Centi-

meter befindliche sein, weil sonst leicht Schollen u. dgl. mitgeschleppt werden, wodurch die Egge gehoben und ihre Leistung beeinträchtigt wird, ein Uebelstand, den die englischen Zickzack-Eggen durch die Anordnung ihrer Zähne vermeiden lassen.

Die Zinken sollen alle gleich lang sein, damit bei richtiger Anspannung alle Zinken gleich tief in den Boden eingreifen. Ihre Länge variirt bei verschiedenen Eggen zwischen 18 bis 30 Centimeter; denn da leichte Eggen 6 bis 8 Centimeter, schwere 12 bis 20 Centimeter tief in den Boden eingreifen, muss bis zum Eggenrahmen noch ein Spielraum von mindestens 10 Centimeter vorhanden sein, damit der Gang der Egge durch etwaige Schollen, Steine, Wurzeln u. dgl. nicht behindert werde.

Die Zinken werden am besten aus Eisen angefertigt, da hölzerne des Materials und ihrer grösseren Dicke wegen mehr Reibung verursachen und weniger dauerhaft sind; nur für leichte Böden sind Eggen mit Holzzinken zu gebrauchen. Die Dicke eiserner Eggenzinken kann 1·0 bis 2·5 Centimeter betragen; hölzerne sind 3 bis 4 Centimeter stark zu machen.

Für den Querschnitt der Zinken zieht man das Quadrat vor, wobei die Diagonale mit der Richtung der Zuglinie zusammenfällt; runde verursachen allerdings dann weniger Reibung, wenn der Gang der Egge ein schlängelnder oder ein sich in Kreislinien windender ist, wobei die Zinken mit quadratischem, rechteckigem oder dreiseitigem Querschnitte einen weit grösseren Widerstand finden. Die Zinken laufen nach unten entweder in eine gerade oder nach vorwärts gebogene Spitze aus, sind entweder senkrecht befestigt oder schräge eingefügt. Die in der Zuglinie nach vorn gerichteten greifen besser in den Boden ein; nach rückwärts gewendet können sie zu einer weniger tiefgreifenden Eggenarbeit verwendet werden und man kann in einem solchen Falle ein scharfes und ein stumpfes Eggen unterscheiden, womit natürlich auch ein sehr grosser Unterschied in Kraft und Leistung verbunden ist.

Die Befestigung der Zinken soll möglichst sicher sein und doch leicht ein Auswechseln gebrochener Zinken gestatten. Die schlechteste Befestigung ist die des einfachen Durchschlagens durch den hölzernen Eggenbalken; bei besseren Eggen sind die Zähne durch Schraubenmuttern oder durch die Howard'schen Patentbleche gesichert.

Es gibt auch Eggen, welche den Uebergang zu den Exstirpatoren bilden und als Krümer (Feldgeier) bezeichnet werden, bei welchen die Zinken die Form kleiner Schaare annehmen; endlich solche, welche die Zwischenräume der Saatreihen eggen sollen und Drilleggen, Furchenigel, Rübenigel genannt werden.

Von dem Gewicht der Eggen und der Zahl der Zinken hängt die Belastung eines Eggenzahnes ab. Bei leichten hölzernen oder eisernen Eggen, welche nur 15 bis 18 oder 22 bis 25 Kilogramm schwer sind, entfällt auf einen Eggenzahn nur eine Belastung von 0·4 bis 1·2 Kilogramm; bei schweren eisernen Eggen, deren Gewicht 75 bis 150 Kilogramm beträgt, entfallen auf einen Eggenzahn 1·2 bis 2·5 Kilogramm.

Bei der Eggenarbeit ist die Wahl des richtigen Zeitpunktes das Allerwichtigste; jede Unterlassung rächt sich für den Landwirth durch vermehrte und zudem schlechte Arbeit. Darum sagt ein landwirthschaftliches Sprichwort mit Recht: „Eggen versäumt, Alles versäumt." Es kommt immer darauf an, dass man den richtigen Feuchtigkeitsgrad treffe; dieser wird aber derselbe sein, welcher auch für eine richtige Pflugarbeit erforderlich ist. Jener Feuchtigkeitsgrad, bei welchem sich das Krümeln am besten vornehmen lässt, hält aber nur kurze Zeit an, dauert bei gebundenen Bodenarten, namentlich in der schnell trocknenden Luft des Frühjahres und Sommers, nicht etwa Tage lang, sondern oft nur wenige Stunden; deshalb darf man mit dem Abeggen des Feldes nicht etwa warten, bis das ganze Feld gepflügt worden ist, sondern muss die Egge gleich hinter dem Pfluge gehen lassen. Darum geht das Eggen jeder Arbeit voran; für ein rechtzeitiges Abeggen der Felder müssen alle Kräfte in Anspruch genommen und muss dasselbe mit aller Energie ausgeführt werden.

Die Arbeit des Eggens geschieht oft im friedlichsten Schritt, oft muss sie im lebhaften Schritt und Trab erfolgen. Handelt es sich nur um Ebnung, Mischung, Unterbringung von Samen, Herausschaffung von Wurzelunkräutern, dann können Ochsen verwendet werden mit langsamer Gangart; sollen aber schon härter gewordene Schollen durch Eggenzähne zertrümmert werden, dann muss die Egge rasch geführt werden, damit die Wirkung der Zinken durch den Stoss erhöht werde. Die Kraft-

anstrengung kann sich nach Boden, Schwere der Egge und Geschwindigkeit der Bewegung wie 1 : 5 verhalten, d. h. ein Pferd kann bei der Eggenarbeit unter Umständen in einer Stunde so viel leisten müssen, als bei einer anderen Gelegenheit in fünf Stunden. Daher werden die Pferde beim Eggen leicht ruinirt, wenn der Knecht kein gehöriges Verständniss dafür hat oder die Aufsicht fehlt.

Je nach der Beschaffenheit des Bodens und dem Zwecke, dem die Egge entsprechen soll, genügt oft ein einziger Eggenstrich, oder es sind bei sehr rauhem Lande und hart gewordenen Schollen oft auch vier, sechs bis acht Eggenstriche vor und nach der Saat nothwendig. Natürlich wird die Eggenarbeit hiedurch vertheuert, wozu noch der Uebelstand kommt, dass durch das oftmalige Hin- und Hergehen der Thiere ein grosser Theil der Fläche wieder festgetreten wird, was bei so oftmaligem Eggen, wie leicht berechnet werden kann, 8 bis 12% der ganzen Fläche beträgt; die zahlreichen Fussstapfen sind um so hinderlicher und nachtheiliger, wenn der Boden in einem zu feuchten Zustande sein sollte.

Man unterscheidet bei der Eggenarbeit das Längseggen, wenn in derselben Richtung, wie gepflügt wurde, auch geeggt wird; dann kann in der Richtung der Quere geeggt werden oder in schräger Richtung; auch unterscheidet man ein Figuren-Eggen, wobei gleichfalls wie beim Figurenpflügen von der Mitte oder vom Umfang aus die Arbeit begonnen werden kann. Am wirksamsten ist das am meisten krümelnde Rundeggen, wobei in fortlaufenden, Schleifen bildenden Schlangenlinien geeggt wird; doch hat man bei so unregelmässiger Arbeit keine Controle darüber, ob jeder Theil des Feldes gleich oft geeggt wurde; nur das äussere Aussehen der Oberfläche lässt dies annähernd erkennen; diese Methode hat auch den Nachtheil, dass das im äussersten Kreis gehende Pferd einen viel schwierigeren Posten hat als das andere. Um die Thiere nicht nutzlos anzustrengen, nimmt man bei abhängigem Terrain den ersten, also schwersten, Zug bergab.

Ueber Winter wird ein gepflügtes, nicht bestelltes Feld nur in rauher Furche belassen; doch darf man im Frühjahr mit dem Abeggen desselben sich nicht verspäten. Auch hütet man sich im Herbste, das bestellte Feld ganz klar zu machen;

man lässt es gerne mit kleineren Schollen bedeckt liegen, damit es nicht so zusammengeschwemmt und im Frühjahr zur Krustenbildung geneigt sei. Aber auch sonst braucht durch das Eggen niemals eine förmliche Pulverisirung des Bodens erreicht zu werden.

Die Leistung der Egge pro Tag richtet sich nach der Egge, den Zugthieren und der Beschaffenheit des Bodens; so kann es kommen, dass für einen Tag ein Eggenstrich auf 1·7 bis 2·3 Hektar beschränkt bleibt oder 4·5 bis 5 Hektar umfassen kann.

VIERTER ABSCHNITT.

Die Arbeit der Walze.

Die Walze besteht in der Hauptsache aus einem Cylinder, welcher in einem Gestelle lagert und über den Boden rollend fortbewegt wird; sie wirkt also durch den Druck, welchen sie auf ihre Unterlage, den Boden, ausübt, und der für irgend eine Längeneinheit natürlich abhängig ist von der Länge der Walze und vom Gewichte derselben. Wäre selbe 170 Centimeter lang und besässe sie ein Gewicht von 360 Kilogramm, so übte je 1 Centimeter einen Druck von 2·1 Kilogramm aus. Sie wirkt aber, da sie ja bewegt wird, auch durch den Stoss.

Die Walze ist nicht weniger verbreitet als wie Pflug und Egge, ihr Gebrauch ist ein uralter und äusserst mannigfaltiger. So findet dieselbe Anwendung, um harte Schollen, welche mit der Egge nicht mehr gekrümelt werden können, ebenso auch stärkere oder schwächere Krusten zu zerbrechen; um in den Acker Stufen oder Rinnen als Marken zu vertiefen; um untergebrachten Samen, Dünger, Rasen mit dem Boden in innige Berührung zu bringen; um feine Samen, die mit der Egge zu tief untergebracht würden, wenigstens an und in den Boden zu drücken; um Gründüngungspflanzen vor dem Einackern platt auf den Boden zu legen; ferner um den Boden glatt zu machen, damit andere Maschinen, z. B. Marqueur, Säemaschinen, deutlich sich abhebende Spuren zurücklassen; um die durch abwechselnden Frost und Aufthauen aus dem Boden gezogenen und nur lose in selbem haftenden Pflanzen wieder an den Boden

zu drücken; um Schnecken, Raupen zu zerdrücken; um Getreide auszudreschen u. s. w. Diese zahlreichen Zwecke der Walze sind Ursache, dass Walzen von so sehr verschiedenem Gewichte und so sehr verschiedener Construction vorkommen.

Es gibt Ackerwalzen aus Holz, Stein oder Eisen. Die hölzernen, aus Ulmen-, Buchen- oder Eichenholz, sind entweder massiv oder bei sehr grossem Durchmesser hohl. Steinerne Walzen werden ihrer Kostspieligkeit wegen nur für den Handgebrauch, seltener für die Bespannung als Ackergeräthe verwendet. Da hölzerne Walzen ihre regelmässige Form durch ungleiche Abnützung leicht verlieren, so sind gusseiserne Walzen am häufigsten im Gebrauch, welchen bei einem beliebigen Gewichte die verschiedenste Form gegeben werden kann.

Leichte hölzerne Walzen haben ein Gewicht von 150 bis 200 Kilogramm; schwere hölzerne und leichte eiserne, sowie Walzen aus Stein erreichen ein Gewicht bis zu 500 Kilogramm; sehr schwere eiserne Walzen wiegen 1000 Kilogramm und mehr. Gewöhnlich ist das Gewicht der Walze unveränderlich. Doch kann auf dem Walzenrahmen auch ein Behälter angebracht sein, welcher Steine u. dgl. als Belastung aufnimmt, oder es werden hohle Walzen angefertigt, welche durch theilweises oder vollständiges Füllen mit Wasser ein sehr verschiedenes Gewicht erhalten können.

Walzen mit zu geringem Durchmesser sind schwerer zu bewegen. Je grösser der Durchmesser ist, um so leichter lassen sie sich fortrollen und um so sicherer werden die Schollen, welche in diesem Falle nicht leicht ausweichen können, zertrümmert. Lange Walzen, welche bis 2 Meter Länge erreichen, sind nicht zweckmässig, besonders wenn sie aus einem Stück bestehen, und kommen daher mehr und mehr ausser Gebrauch. Ungetheilte lange Walzen sind schwer zu lenken und umzuwenden, wühlen beim Umwenden den Boden auf, wirken auf unebenem Boden sehr ungleich und können bei schmäleren Gewenden gar nicht benützt werden; deshalb werden auch die Walzen ähnlich den Eggen gegliedert, damit sie sich den Unebenheiten besser anschmiegen und gleichförmigere Arbeit leisten. Eine bekannte Form einer solchen getheilten Walze ist die Hohenheimer dreitheilige gusseiserne Walze, bei welcher die einzelnen Cylinder von 0·5 Meter Länge und 0·5 Meter Durch-

messer an einem gemeinschaftlichen hölzernen Gestell derart befestigt sind, dass ein Cylinder vorangestellt ist und die zwei anderen in einer Reihe nachfolgen. Noch zweckmässiger ist die dreitheilige Walze von Siedersleben, welche den Vortheil besitzt, dass sich ihre einzelnen Walzen selbstständig in Gelenken sowohl auf- und nieder-, als auch seitlich hin- und herbewegen können.

Die Walzen sind entweder glatt und cylindrisch, oder sie sind cannelirte oder Prismawalzen, convexe oder concave Walzen, Scheiben- oder Ring-, Stachel- oder Zapfenwalzen.

Bei cannelirten Walzen werden an den Umfang derselben parallel zur Längsrichtung hölzerne oder schmiedeiserne Stäbe befestigt, welche mit der Kante nach aussen gewendet sind und einen Zwischenraum freilassen. Solche, die ein Gewicht von 940 bis 1450 Kilogramm haben, eignen sich vorzüglich zum Zerbrechen einer leichten Kruste und zum Unterbringen feiner Samen.

Convexe oder concave Walzen werden nur selten angewendet. Erstere (Furchenwalzen) dienen zum Fest- und Glattdrücken der Beetfurchen, um den Abfluss des Wassers zu erleichtern; letztere benützt man zum Abwalzen der Beete, welche jedoch sehr gleichförmig gepflügt werden müssen, wenn die Arbeit der concaven Walze befriedigen soll.

Viel häufiger werden Scheiben- oder Ringwalzen in Verwendung genommen. Dieselben bestehen aus einer Mehrzahl an ihrem Umfange kantig zulaufender, gusseiserner Scheiben, welche in einer Reihe, oder behufs leichterer Reinigung in ineinander greifenden Reihen an einem hölzernen Gestelle befestigt werden. Diese Ringwalzen zerdrücken die Schollen und mürben die Krusten viel besser als wie die glatten Walzen. Die Ringwalze von Siedersleben hat in der vorderen Reihe 20, in der hinteren 21 Ringe mit einem Durchmesser von 42 Centimeter bei einem Gewichte von 525 Kilogramm.

Diese Ringwalzen bilden den Uebergang zu den Schollenbrechern, welche aus einer grösseren Zahl auf einer Achse aufgeschobener und für sich beweglicher schwerer gusseiserner Ringe bestehen. Diese Ringe sind am Umfange gezähnt und seitlich, nahe dem Rande, mit hervorstehenden Zapfen ver-

sehen, welche bewirken, dass Schollen, die zwischen zwei Ringe kommen, zerdrückt werden. Diese Walzen, welche, allerdings mit einem grossen Aufwande an Zugkraft, grosse und sehr harte Schollen zu zerdrücken vermögen, wiegen bei einer Länge von 1·58 Meter bis 1200 Kilogramm und mehr. Zu den besten gehört der Croskill'sche Schollenbrecher bis zu 1500 Kilogramm Gewicht.

Einen Uebergang von den Walzen zu den Eggen bilden die Stachelwalzen. Dieselben bestehen aus einer hölzernen Walze, welche mit eisernen, 10 bis 20 Centimeter langen, 2 bis 2·5 Centimeter starken Stacheln besetzt ist; oder sie bestehen, wie die norwegische Rollegge, aus eisernen Sternen, welche an einer oder mehreren parallelen Achsen aufgeschoben sind; am wirksamsten sind zwei- bis dreireihige Stachelwalzen, welche sich gleichzeitig selbst reinigen. Angemessen construirte Stachelwalzen werden auch angewendet, um auf bestellten Saatfeldern, z. B. Runkelfeldern, entstandene Krusten zu brechen und es so den Keimpflanzen möglich zu machen, aufzugehen. Auch Pferdehacken werden mitunter mit leichten Stachelwalzen combinirt.

Den Stachelwalzen ähnlich, nur mit viel geringerem Gewichte und daher länger sind die Zapfenwalzen (Markirwalzen), an deren Umfang in entsprechenden Entfernungen Zapfen eingesetzt sind. Dieselben haben den Zweck, in einen geebneten Boden in gleichen Entfernungen Löcher einzudrücken, in welche dann der Same eingelegt wird. Bei der Kammcultur verwendet man zu diesem Zwecke Markirtrommeln, welche mit ihren entsprechend weit gestellten Leisten ähnlich den Prismenwalzen die Kammfirste markiren.

Wichtig wird die Anwendung der Walze insofern, als durch das Zusammendrücken des Bodens die Wasserleitung im Boden beeinflusst werden kann. Wenn nach Unterbringung der Samen die Erde mittelst der Walzen fest an die Samen gedrückt wird, so geschieht dies nicht nur deshalb, weil die Samen auf diese Weise leichter die zum Keimen nöthige Wassermenge empfangen, sondern auch deshalb, weil diese fester comprimirte Erdschicht das Wasser aus den unteren Schichten rascher zugeführt erhält. Die capillare Wasserleitungsfähigkeit eines solchen Bodens wird erhöht und er wird in seiner obersten

Schicht auf Unkosten des Wasservorrathes in den tieferen Bodenschichten länger feucht erhalten. Das ist aber gerade die Absicht, weil dadurch viel sicherer das vollständige und gleichzeitige Keimen der Saat herbeigeführt wird.

Auch bei der Arbeit der Walze wird der richtige Moment abzuwarten sein. Sobald die Eggenarbeit angezeigt ist und ausgeführt wird, kann ohneweiters auch sogleich die Walze folgen. Ein zu feuchtes Feld darf nicht gewalzt werden, weil sich sonst die Erde anhängt und schmiert; wartet man zu lange, so gibt es harte Schollen, welche zur Zertrümmerung sehr schwere Walzen verlangen. Deshalb hat man zu immer schwereren Walzen gegriffen, die gleichsam die von dem Landwirth begangenen Fehler wieder gut machen sollen, wobei aber die Kosten des Inventars sich bedeutend erhöhen und die Zugthiere übermässig in Anspruch genommen werden. Ist der Boden sehr schollig, so ist es geboten, nachdem die unzerdrückten, in den Boden eingepressten Schollen durch die Egge oder den Exstirpator wieder an die Oberfläche gebracht worden sind, das Walzen ein- bis zweimal immer nach einer anderen Richtung zu wiederholen.

Die Leistung der Walze ist je nach ihrer Länge und Schwere verschieden; sie schwankt von 1·6 bis 5 Hektar. Der höhere Ansatz gilt für leichtere einspännige 1·5 bis 2·5 Meter lange; der niedere Ansatz für zwei- bis vierspännige schwere 1 bis 2 Meter lange Walzen.

Die Anspannung der Walzen geschieht am Gestell und auch der Führer hat besser seinen Sitz auf demselben, als dass er nebenher geht; er unterstützt so die Wirkung durch seine eigene Schwere.

FÜNFTER ABSCHNITT.

Die Arbeit der Schleife.

Die Schleife bewegt sich, wie schon das Wort sagt, reibend über den Boden, ohne stark zu pressen, dabei aber den Boden zugleich mischend.

Man benützt die Schleife, um das Feld vor dem Säen mit der Maschine zu ebnen und klar zu machen, damit die Radspuren der Säemaschine deutlich sichtbar bleiben. Nach der

Säemaschine schleift man wohl die durch die Saatschaare geöffneten Rillen zu, um die Samen besser mit Erde zu bedecken. Die Schleife wird benützt, um feine Sämereien nur einige Centimeter hoch mit Erde zu bedecken; auch zum Vermischen von pulverigen Düngern mit dem Boden eignet sie sich ganz vorzüglich. Maulwurfshaufen, welche auf Wiesen dem Pflanzenwuchse hinderlich sind, werden durch die Schleife auseinandergezogen und geebnet.

Diesen Aufgaben entsprechen Schleifen von sehr verschiedener Bauart. Sie kann aus einem in seinen Theilen unbeweglichen, mit mehreren Querleisten versehenen Rahmen bestehen, der gleich einem Flechtzaun mit groben Ruthen und Strauchwerk durchflochten ist, mit einem Gewicht von 10 bis 15 Kilogramm, das dadurch erhöht wird, dass sich der Führer des Gespannes darauf stellt (belgische Ackerschleife). Oder es ist der Rahmen mit vielverzweigtem dornigen Strauchwerk des Schlehdorns, des Weissdorns, des Sauerdorns durchflochten und wirkt gleich einem kräftigen Besen (Dornegge).

Auch gibt es Schleifen, die sich den Unebenheiten des Bodens anschmiegen; eine solche ist z. B. die belgische Balkenschleife, die aus mehreren parallel angeordneten Balken besteht, welche an zwei Ketten beweglich aufgeschoben sind, und zur Verringerung der Abnützung an den unteren Kanten mit Eisenblech beschlagen werden.

Hieher gehören anch die Wiesenhobel, welche entweder ihrer ganzen Breite nach mit meist zwei hobelartigen Eisen versehen sind oder nur vorne eine solche eisenbeschlagene schürfende Querschiene besitzen, im hinteren Theile aber mit Strauchwerk durchflochten sind; solche Hobel eignen sich zur Ausgleichung der Maulwurfshaufen auf Wiesen in ganz vortrefflicher Weise.

SECHSTER ABSCHNITT.

Die Bodenbearbeitung durch Handgeräthe.

Während der Pflug und Haken, der Exstirpator oder Grubber, die Scarificatoren und Häufler, die Eggen und Furchenigel, die Walzen und Schleifen u. s. w. für Spannarbeit bestimmt sind, leisten der Spaten, die Grabgabel, der Karst,

die Haue, der Rechen, die Handwalze, der Klosshammer oder Schollenschlägel in der Hand des Menschen die gleichen, ja selbst bessere Dienste.

Ausschliessliche Verwendung finden diese Handgeräthe für die Bodencultur im Gartenbau und meistens auch im Weinbau; auch dort, wo der Bodenbesitz sehr zersplittert ist, tritt der Gebrauch der Spanngeräthe mehr in den Hintergrund. In China und Japan wird der Boden fast ausschliesslich nur durch die Haue in sehr vollkommener Weise bearbeitet, was sich eben durch die Dichte der Bevölkerung erklärt und durch die bewunderungswürdige Fertigkeit, welche die Chinesen und Japanesen durch jahrhundertelang dauernde Uebung in der Benützung dieses einfachen Instrumentes erlangt haben. Sonst kann es wohl vorkommen, dass selbst in menschenarmen Gegenden aus Unkenntniss der Anwendung von Gespannarbeit die Handarbeit vorherrscht, z. B. beim Behacken und Behäufeln des Mais auf Bauerngütern in Ungarn.

Käme es nur auf die Güte der Arbeit an, so wären diese bodenbearbeitenden Handgeräthe allen Spanngeräthen weitaus vorzuziehen. Mit der Arbeit, welche der Spaten in der Hand eines geübten Arbeiters verrichtet, ist die Arbeit auch des besten Pfluges nicht zu vergleichen. Kein Pflug wendet, mischt und krümelt den Boden so vollkommen wie der Spaten, kein Pflug oder Wühler arbeitet bis in solche Tiefen, wie beim Rigolen mit dem Spaten gegangen werden kann. Einen eben solchen Unterschied in der Qualität der Arbeit sehen wir, wenn wir die Arbeit der Exstirpatoren oder der Reihencultivatoren, der Pferdehacken, Furchenigel u. s. w. mit der Hackarbeit durch Menschenhand bewerkstelligt vergleichen. Die Arbeit, durch Menschenhand ausgeführt, passt sich eben den gegebenen Verhältnissen und Bedürfnissen an, leistet auf dem richtigen Fleck das Nöthige und hilft beim Entwurzeln der einjährigen Unkräuter, beim Herausschaffen der Rhizome der perennirenden Unkräuter entsprechend nach. So vermag auch der Gärtner mit dem Rechen das Saatbeet weit klarer und sauberer herzurichten, als dies die beste Egge zu leisten im Stande ist; kein Schollenbrecher erweist sich bei der Zertrümmerung der härtesten Schollen so wirksam, wie der Schollen- oder Klosshammer, der gestattet, die Kraft des Arbeiters auf je eine

einzige Scholle zu concentriren. Mit einem Worte: die Bearbeitung mit der Hand wird immer, was die Qualität der Arbeit anbelangt, als das Ideal der Bodenbearbeitung gelten, denn die menschliche Hand kann in jedem Augenblick dem Bedürfnisse genügen, jede Scholle, jeden Stein, jedes Unkrautbüschel berücksichtigen, während die Maschine gleichmässig ihren Gang geht.

Die Handarbeit ist aber eine kostspielige und eine langsam fördernde, denn ein Mann spatet 0·83 bis 2 Ar pro Tag, daher pro Hektar 50 bis 120 Arbeitstage à 10 Stunden erforderlich sind, wenn auf 25 Centimeter Tiefe gespatet werden soll. Sie kommt deshalb ausschliesslich für die Bearbeitung des Bodens nur in Gärten, Weinbergen, auf Versuchsfeldern, kleinen Feldparcellen zur Verwendung, während selbst in grösseren Gärten, zum Beispiel Gemüsegärten, ebenen Weinfeldern, auch schon Spanngeräthe zur Anwendung kommen. Bei der feldmässigen Cultur kommen mit der Ausdehnung des Besitzes, mit dem grösseren Mangel an arbeitenden Händen, mit dem zunehmenden Tagelohn immer ausschliesslicher die Spanngeräthe in Verwendung und treten die Handgeräthe immer mehr zurück. Seltener wird die Hand- mit der Spannarbeit beim Pflügen combinirt, beim sogenannten Spatpflügen, oder wenn mit der Grabgabel die Furchensohle gelockert wird; am häufigsten findet eine vermischte Verwendung der Hand- und Spannarbeit beim Behacken und Behäufeln statt. Namentlich beim Behacken der Zwischenräume der Reihensaaten kann auch die vollkommenste Pferdehacke die Arbeit nicht völlig zu Stande bringen, weil die Messerschaare derselben ja nicht in zu grosse Nähe der Pflanzenreihen kommen dürfen und deshalb vielfach durch Handhacken nachzuhelfen und nachzubessern ist. Eher wird es möglich sein, das entsprechende Behäufeln ausschliesslich durch die besseren Häufelpflüge zu besorgen. Auch sonst hat die Handarbeit immer gewisse Unvollkommenheiten der Spannarbeit zu repariren. Die Ränder, Ecken an den gepflügten Feldern sind aufzuräumen; die Ausstichfurchen zwischen den Beeten sind zu säubern; sind Bäume an den Feldrändern oder auf dem Felde selbst gepflanzt, so ist der kreisförmige Fleck um jeden Baum mit dem Spaten umzustechen. Im feuchten Klima oder feuchten Boden ist oft die Handarbeit deshalb vorzuziehen, weil der Mensch den

Boden nicht so fest zusammentritt, wie die Zugthiere mit der Maschine.

Es ist hier nicht der Ort, die mannigfachen Spaten, Karste, Hauen, Rechen u. s. w., welche in verschiedenen Gegenden und Ländern gebraucht werden, aufzuzählen und die Verbesserungen zu beschreiben, welche sie in der Form und dem verwendeten Material erfahren haben, wohl aber muss darauf hingewiesen werden, dass noch an den meisten Orten die Handgeräthe unveränderlich dieselben geblieben sind, wie sie vor Jahrhunderten waren, ungeschickt zur Handhabung, von ungeeigneter oder fehlerhafter Form, hergestellt aus geringem Material. Man bedenke aber, dass, wenn schon überhaupt die Handarbeit theurer ist und langsam fördert, sie dadurch noch mehr vertheuert wird und unvollständiger ihren Zweck erreicht, wenn die Handgeräthe unvollkommen sind. Auch diese Handgeräthe wurden bei dem Aufschwunge des landwirthschaftlichen Maschinenwesens in der neueren Zeit sehr verbessert und haben wir namentlich an englischen und amerikanischen Handgeräthen nachahmenswerthe Muster. Jeder gebildete Landwirth sollte sich die Aufgabe stellen, nicht nur Propaganda zu machen für Einführung besserer Spanngeräthe, sondern auch zur Verbreitung besserer Handgeräthe beizutragen. Hier steht noch ein weites Feld für Verbesserung offen und sind in dieser Richtung nur deshalb so geringe Fortschritte zu verzeichnen, weil sich die ländliche, insbesondere die den Boden bearbeitende Bevölkerung nur schwer daran gewöhnt, die alltägliche Arbeit mit anderen Instrumenten als den herkömmlichen und in anderer entsprechend abgeänderter Weise zu verrichten.

SIEBENTER ABSCHNITT.

Die Sprengcultur.

Als Anhang zur Bodenbearbeitung, namentlich in Bezug auf die Tiefcultur, hat seit einigen Jahren ein Verfahren viel von sich reden gemacht, welches als „Sprengcultur" bezeichnet worden ist und angeblich auch zur Lockerung und Aufschliessung des Untergrundes solcher Felder mit Vortheil Verwendung finden sollte, welche zur Cultur tiefwurzelnder Gewächse, für Weinreben, Hopfen, Rothklee, Luzerne und Esparsette bestimmt sind.

Die Ausführung einer Sprengcultur in gewöhnlichem Ackerlande dachte man sich ungefähr in folgender Weise: Ein Hektar Landes dürfte 625 Bohrlöcher benöthigen, wobei auf ein Bohrloch 16 Quadratmeter entfielen, dieselben also auf eine Entfernung von 4 Metern von einander zu liegen kämen. Diese Löcher — Bohrminen — wären mittelst Stahlpfählen herzustellen, welche $1^1/_2$ oder 2 Meter tief und 4 bis 5 Centimeter weit einzutreiben wären. In diese Löcher werden die Dynamitpatronen versenkt, welche pro Mine 26 bis 30 Dekagramm als Ladungsmenge an Dynamit enthalten. Mittelst elektrischer Zünder und Leitungsdrähten erfolgt die Entzündung und Explosion der Patronen, wobei in der Umgebung des Bohrloches die Erde kesselartig aufgewühlt und ein Theil der Erde garbenartig in die Höhe geschleudert wird. Wenn nun aber die wirklich aufgewühlte und gelockerte Erdmasse auf dem einer Mine angehörigen Stück besichtigt wird, so zeigt sich, dass von dem Untergrunde nur ein sehr kleiner Theil diese ausgiebige Lockerung erfahren hat, dass der Rest aber nur von Spalten und Rissen durchzogen wird, deren ausgiebigere Verbreitung und Bedeutung übrigens nach den bisherigen Versuchen sehr problematisch ist. In Oesterr.-Schlesien, wo derartige Versuche im vorigen Jahre ausgeführt worden sind, zeigte sich bei lehmigen und thonigen Böden durchaus keine Lockerung und Zerklüftung zwischen den kleinen Minenkesseln, vielmehr eher eine Comprimirung und Verdichtung. Wird erwogen, dass man die Kosten einer derartigen Sprengcultur mit 300 fl. pro Hektar als einem Minimum berechnete; dass dann weitere Kosten für die Planirung auflaufen würden; dass nur ein Theil des Untergrundes auf die Oberfläche des Feldes herausgeworfen, dass also die früher gleiche Bodenbeschaffenheit ungleich gemacht wird, so ist der Schluss wohl gerechtfertigt, dass diese Sprengcultur, soweit sie eine Untergrundlockerung tiefgründiger Böden bewirken soll, eine praktische Anwendung kaum finden wird. Dagegen wird gegen ihre Anwendung zur Sprengung und Entfernung von Felsbänken aus werthvollen Grundstücken, zur Durchbrechung und Eröffnung des undurchlassenden Ortsteines mittelst Dynamit natürlich nichts einzuwenden sein, weil ja dies Mittel für solche Verwendungsweise schon vielfach technisch erprobt ist.

LITERATUR.

Ausser den im Text und in früheren Literatur-Verzeichnissen angegebenen Schriften und Abhandlungen sind hier noch die folgenden anzuführen:

Sprengel, „Lehre von der Urbarmachung des Bodens", 2. Aufl., Leipzig 1844.

E. v. Kleyle, „Der Pflug, der Anhäufler und der Wühler", Wien 1851.

Schneitler, „Die Tiefcultur", Berlin 1857.

Buchner, „Die Spatencultur", Wittenberg 1862.

W. v. Laer, „Die Ackergahre, die Brache und der Ersatz der Pflanzen-Nährstoffe", 3. Aufl., München 1865.

E. Perels, „Handbuch zur Anlage und Construction landwirthschaftlicher Maschinen und Geräthe", Jena 1866.

— — „Die Dampf-Bodencultur", Berlin 1870.

W. Funke, „Ueber Untergrundsdüngung und einen Untergrundsdünger-Pflug, Grundlagen zu einer neuen Methode der Tiefcultur", Berlin 1872.

W. Schumacher, „Der Ackerbau", Wien 1874.

W. v. Hamm, „Pflug und Pflügen", Oesterr. landw. Wochenblatt, II. Jahrgang. Nach J. E. Ransome: „Ploughs and Ploughing."

E. Perels, „Rathgeber bei Wahl und Gebrauch landwirthschaftlicher Maschinen", Berlin, 4. Aufl., 1876.

W. v. Hamm, „Die Sprengcultur", Wien 1876.

Rosenberg-Lipinski, „Der praktische Ackerbau", 5. Aufl., Breslau 1873.

SIEBENTER THEIL.

Der Anbau und die Auswahl des Saatgutes.

Der Same ist zur rechten Zeit auf das angemessen vorbereitete Feld in erwünschter Anordnung gleichmässig zu vertheilen und in der entsprechendsten Tiefe unterzubringen. Durch die Wahl der Saatzeit, durch die Vorbereitung des Feldes und die Unterbringung des Samens (Erdbedeckung) hat es der Landwirth einigermassen in der Gewalt, das Keimen des Samens zu beherrschen; auf die nachmalige Entwicklung der Pflanzen hat ausserdem die Anordnung und Dichtheit der Saat Einfluss, diese ist aber wieder abhängig von Boden, Klima, Saatzeit und dem verschiedenen Saatverfahren. Diese Culturmassregeln sind es aber nicht allein, welche den Erfolg des Anbaues beherrschen; in nicht geringem Masse wird derselbe auch beeinflusst durch die Auswahl des Samens und zwar nicht nur von jenen allgemeinen Gesichtspunkten, welche in dem I. Theile des allgemeinen Pflanzenbaues abgehandelt worden sind, sondern auch innerhalb jeder Pflanzenart bezüglich der Varietät, welche für den Anbau in Verwendung kommt. Die Auswahl und Heranbildung von Varietäten erheischt deshalb schon in diesem Theile der Pflanzenbaulehre ihre Begründung.

Der Anbau der Feldfrüchte findet in den meisten Fällen in der Art statt, dass der Same unmittelbar auf das Feld gesäet wird. Immerhin gibt es gewisse Culturpflanzen oder gewisse Anbauzwecke, bei welchen die Saat vorerst auf einem besonderen Saatbeete ausgeführt wird, worauf erst die auf demselben erzogenen Pflanzen auf das Feld versetzt werden. An

das gewöhnlichste Anbauverfahren, die Saat, mag sich deshalb als Anhang die Erörterung des Verfahrens der Pflanzung schliessen.

ERSTES HAUPTSTÜCK.

Der Anbau.

ERSTER ABSCHNITT.

Die Saatzeit.

Die Feldfrüchte werden im mittleren Europa (45—55° n. Br.) zum Theil im Herbste, zum Theil im Frühjahr, zum Theil auch noch im Sommer angebaut.

Die Herbst- oder Wintersaaten des Landwirthes sind ursprünglich einjährig, werden aber schon deshalb im Herbste angebaut, damit sie mit einem Vorsprung im Wachsthum und mit voller Winterfeuchte in's Frühjahr kommen. Deshalb bieten solche Wintersaaten grössere Sicherheit einer rechtzeitigen Reife; auch zeichnen sie sich gegenüber den Sommerfrüchten in der Regel durch stärkere Erträge aus. Von unseren einjährigen landwirthschaftlichen Culturpflanzen sind es nur wenige, welche sich für den Herbstanbau eignen, und können es überhaupt nur solche sein, welche sich an die Fröste des Winters zu gewöhnen vermochten. Es sind dies hauptsächlich Weizen, Roggen, Gerste, Raps, Rübsen; weniger verbreitet als Winterfrucht sind Hafer, Erbse, Wicke, Linse, Lein u. a.

Dadurch, dass die im Herbst gebauten einjährigen Culturpflanzen eine Unterbrechung des Wachsthums erleiden, wird in ihren Entwicklungsgang ein ähnlich wirkender Factor eingeführt, wie ein solcher sich bei den Eiern mancher Insecten oder bei den Teleutosporen mancher Pilze geltend macht, die nur nach einer länger dauernden Einwirkung einer niedrigen Temperatur, also erst nach erfolgter Ueberwinterung einer weiteren Entwicklung fähig sind. Das heisst, wenn solche Eier oder Sporen auch unter Wärmeverhältnisse gebracht werden, welche im Frühjahre vollauf genügen, um das Ausschlüpfen zu bewirken oder sie zum Keimen zu bringen, so ist dies doch

im Herbst unmöglich und muss erst die Ruheperiode der Ueberwinterung vorausgehen. So auch bei den Wintergetreide-Saaten. Wird Winterweizen im Frühjahr gesäet, so würde allerdings die Wärmesumme des Vegetationsjahres mehr als ausreichen, um denselben zur Reife zu bringen; indessen gelangt er dennoch nicht über ein gewisses Stadium der Entwicklung, das Bestockungsstadium, hinaus, oder kommt zwar zum Schossen und zur Aehrenbildung, aber in sehr unvollständiger und unregelmässiger Weise. Dieses Unvermögen, schossen zu können, wenn der Anbau im Frühjahr erfolgt, ist um so ausgesprochener, je strenger die Winter sind, oder mit anderen Worten, je nördlicher die Gegend liegt, aus der das gebaute Wintergetreide bezogen wurde. Säet man Winterweizen aus Schweden oder aus dem nördlichen Deutschland, so ist es sicher, dass man bei einer Aussaat im Frühjahr keinen einzigen Halm oder höchstens einzelne verkümmerte Aehren erhält; wird der Versuch mit einer Weizenart aus Niederösterreich wiederholt, so kann schon auf mehrere Procente an ährentragenden Pflanzen gerechnet werden; Winterweizen aus dem südlichen Ungarn oder aus dem Küstenlande wird den Gegensatz zwischen Winter- und Sommergetreide noch weniger auffallend zeigen; es wird dieser Unterschied noch mehr abnehmen, wenn aus Griechenland oder dem südlichen Italien oder dem südlichen Frankreich und Spanien Winterweizen bezogen und im Frühjahr angebaut wird, bis endlich bei dem Anbau von Winterweizen aus Algier oder Tunis oder Egypten dieser Unterschied völlig aufhört.

Dies ist nun ein sehr massgebender Grund dafür, warum man Wintergetreide nicht abwechselnd im Winter und abwechselnd im Frühjahr anbauen kann und dass die Umwandlung einer Winterfrucht in ein Sommergewächs erst nach einer Reihe von Jahren, und zwar nach einer um so längeren erfolgt, je ausgesprochener nach der geographischen Lage eines Ortes der Gegensatz zwischen Winter- und Sommergetreide ist.

Aber auch dafür, dass nicht ohneweiters ein Sommergewächs im Herbste zum Anbau gelange, spricht ein gewichtiger Grund, denn Sommergewächse sind durch eine grosse Zahl von Generationen immer nur an günstige Wärmeverhältnisse gewöhnt gewesen und würden, im Herbst gebaut, in jedem strengeren Winter erfrieren. Auch bei der Umwandlung der

Sommer- in Winterfrüchte verstreichen immer eine Anzahl Jahre, bevor dieselbe in genügender Weise gelungen ist.

Wenn aber eine und dieselbe Getreideart mit jedem Jahre, sowohl im Sommer wie im Winter, zum Anbau gelangt, und zwar so, dass abwechselnd die Saat im Frühjahr und im Herbste desselben Jahres mit der zuletzt geernteten Frucht erfolgt, dann erzielt man das sogenannte Wechselgetreide, das den allerschlagendsten Beweis für die Fähigkeit unserer Culturpflanzen liefert, sich an die Temperatur-Extreme zu gewöhnen, sich zu acclimatisiren oder abzuhärten.

Nachdem es erwünscht ist, dass bei Herbstsaaten die Pflanzen sich schon kräftiger entwickelt haben, namentlich mit ihren Wurzeln schon tiefer in den Boden eingedrungen seien, bevor der Winter eintritt, und da das Wachsthum und das Wärmebedürfniss der verschiedenen Herbstsaaten ein verschiedenes ist, dehnt sich der Herbstanbau vom August bis in den October, selbst bis in den November aus. Voraus geht der Anbau von Raps und Rübsen, dann folgt in der Regel Gerste, schliesslich Roggen und Weizen.

Insbesondere fällt die Saatzeit unter unseren Breiten

für Raps in den August und erstes Viertel des September bei 20 —15° C.
„ Rübsen in die zweite Hälfte des August und erste Hälfte des September bei . . . . . 17·5—13·5° C.
„ Gerste in den September bei . . . . . 16·5—10·5° C.
„ Roggen und Weizen in die zweite Hälfte des September bis Mitte October bei . . . . . 15 — 8° C.

Wenn selbst noch Aussaaten im October und in der ersten Hälfte des November möglich werden, so erklärt sich dies daraus, dass Rogen schon bei einer Temperatur von 2 bis 3° C. merkbare Fortschritte macht, dass Weizen und Gerste bei 3 bis 4° C. schon in der Entwicklung fortschreiten und selbst auch Raps und Rübsen bei 5 bis 6° C. nicht stille stehen. Das ist auch Ursache, warum mitunter Herbstsaaten, welche ganz schwach in den Winter gekommen sind, bis zum Frühjahr weit kräftiger aussehen, warum solche Saaten, welche mit Beginn des Winters noch gar nicht sichtbar waren, schon ganz ergrünt erscheinen, wenn die langdauernde Schneedecke weggeschmolzen ist. Trotz dieser Möglichkeit sind dennoch späte Saaten zu widerrathen und nur durch besondere Umstände, an welchen es übrigens in der Praxis nicht fehlt, zu entschuldigen. Eine

solche Verschiebung in der Anbauzeit kann herbeigeführt werden durch eine verspätete Reife oder Ernte der Vorfrucht, in Folge zu grosser Trockene oder Feuchte des Feldes, durch das Auftreten von Fliegenschwärmen der *Anthomya, Chlorops* und *Cecidomya,* welche im August und September die frühen Aussaaten am reichlichsten mit ihren Eiern besetzen, während die spätesten Saaten am wenigsten leiden. Auch bei dem Raps und Rübsen kommt es zuweilen vor, dass eine zweite Saat nach Vernichtung der ersten durch Erdflöhe oder durch die Raps-Blattwespe nothwendig wird, welche sich dann unausweichlich verspätet.

So wie eine Verspätung der Saaten mit mancherlei Nachtheilen verbunden ist, so ist dies auch bei zu frühen Saaten der Fall; in der Regel sind selbe von einer zu starken Bestockung, mitunter auch in besonders milden Herbsten von einem theilweisen Schossen der Saaten und sowohl ohne als auch mit Schneebedeckung von einer leichteren Auswinterung begleitet.

Ueber die durchschnittlich richtigste Saatzeit sind vergleichende Anbauversuche zur Orientirung angezeigt. Für Wintergetreide sind in dieser Richtung von Thiel im Jahre 1872 Versuche mit Winterweizen und Winterroggen angestellt worden, wobei die Aussaat von Woche zu Woche auf 18 Centimeter Entfernung durch das Dibbeln erfolgte, bis der Frost eine weitere Saat unmöglich machte.

Die Ergebnisse waren für Roggen:

Zeit der Aussaat	Stockzahl	Aehren pro Stock	Strohlänge in Centimeter
14. October . . .	310	14·3	150
21. „ . . .	319	13·5	165
28. „ . . .	304	22·3	157
4. November . . .	234	25·7	142
11. „ . . .	285	23·2	148
18. „ . . .	287	16·6	147
25. „ . . .	285	18·3	140

Bei Weizen war das Ergebniss folgendes:

Datum des Anbaues	Stockzahl	Aehrenzahl pro Stock	Strohlänge in Centimeter
9. October . . .	334	12·1	130
16. „ . . .	315	14·8	147
23. „ . . .	286	19·8	140
30. „ . . .	242	18·7	140

Diese Ergebnisse lassen keine besonderen Folgerungen zu, da der Versuch eigentlich zu spät begonnen hat. Mit Sicherheit lässt sich nur sagen, dass umsomehr Pflanzen eingingen, je später die Saat ausgeführt wurde, dass die Bestockung durch den lichteren Stand der späteren Saaten mehr begünstigt wurde, als wie durch den früheren Anbau. Bezüglich des Eintrittes der Reife sind nach dem Berichte Thiel's keine wesentlichen Unterschiede vorgekommen. Es ist eben auch dieser Versuch ein Beispiel dafür, dass solche Anbauversuche nur dann einen allgemeinen Werth besitzen, wenn sie durch mehrere Jahre hintereinander wiederholt worden sind.

Viel mannigfaltiger und auch weniger regelmässig gestaltet sich der Frühjahrs-Anbau, weil die Zahl der Sommerfrüchte eine viel grössere ist. Je nachdem nun einzelne Samenarten zum Keimen viel oder wenig Wärme brauchen, je nachdem sie gegen Spätfröste empfindlich sind oder nicht; je nachdem sie schneller oder langsamer sich entwickeln, also mit ihrer Reife in den Sommer oder Herbst gelangen und je nachdem sie früher oder später benützt werden wollen; je nachdem eine stärkere oder schwächere Bestockung wünschenswerth ist; je nach der Vertheilung der Niederschläge im Frühjahr; je nach der Beschaffenheit des Bodens; je nach den Niederschlägen des vorausgegangenen Winters: kann die Zeit des Frühjahrs-Anbaues eine sehr verschiedene sein, so dass sie schon im Februar beginnen, aber auch bis Ende Mai und Anfang Juni sich hinausziehen kann. Da es unmöglich ist, für das vorliegende grössere Gebiet mit seinen verschiedenartigen Boden- und klimatischen Verhältnissen die concrete Saatzeit für die einzelnen Sommerfrüchte nach Wochen anzugeben, so mag die Frühjahrs-Saatperiode in drei Abtheilungen gebracht werden:

1. In die frühe oder kühle Frühjahrs-Saatperiode für Roggen, Weizen, Hafer, Gerste, Erbsen, Wicken, Frühkartoffeln, Rothklee, Lein, Hanf u. dgl. bei einer mittleren Temperatur von 3·5 bis 9° C., welche Temperatur z. B. in Wien in der 2. Februarhälfte, im März und bis etwa 10. April erreicht wird. Für Weizen, Roggen, Gerste, Wicken, Erbsen, Rothklee, welche gegenüber den Frösten weniger empfindlich sind, wird eben nur die jeweilige Frühjahrswitterung und die Beschaffenheit des Bodens entscheidend sein; ist letzterer nur hinreichend ab-

getrocknet, was auf leichten, warmen, sanft geneigten Böden in südlichem Hange um so eher der Fall ist, so kann man sich mit der Vornahme der Aussaat nicht genug beeilen; nur die empfindlicheren Lein- und Hanfsaaten werden (Wien) in das erste Drittel des April zu verweisen sein.

2. Die mittlere oder gemässigte Frühjahrs-Saatperiode mit einer Durchschnitts-Temperatur von 9 bis 12° C. In dieser können zum Anbau gelangen: Kartoffeln, Runkeln, Möhren, Mohn, Sonnenblumen, Rübsen, Pferdebohnen, Platterbsen, Linsen, Sojabohnen. Es kommt vor, dass sich diese Saatperiode im ungünstigsten Falle wohl bis Mitte Mai (Wien) verlängert.

3. Die späte oder warme Frühjahrs-Saatperiode geniesst schon eine Durchschnitts-Temperatur von 12—18° C. und fällt (Wien) in den Mai, sowie die 1. Hälfte des Juni. Zu den Culturpflanzen, welche erst in dieser Periode zum Anbau gelangen, zählen Mais, Rispenhirse, Kolbenhirse, Mohar, Moorhirse, Buchweizen, Sonnenblumen, Fisolen, Kichererbsen. Es würde wenig nützen, wollte man bei diesen Pflanzen die Aussaat in eine frühere Periode verlegen; die Samen, die erst bei höherer Temperatur keimen, würden im Boden nutzlos liegen, sie würden von Insecten beschädigt, würden schimmeln und faulen. Weil ihr Auflaufen sehr spät erfolgte, würde indessen das Feld der Verunkrautung Preis gegeben sein, es würde verkrusten und verhärten und die Samen würden später am Auflaufen verhindert. Oder wenn durch ausnahmsweise günstige Witterung in einer früheren Periode auch ihre Keimung möglich geworden wäre, könnten die aufgelaufenen Saaten durch später eintretende Fröste ganz zerstört werden, weil die genannten Pflanzen gegenüber der Frostwirkung durchaus sehr empfindlich sind.

Würde der Witterungsgang jährlich ein durchaus normaler sein, so wäre jede Pflanze am zweckmässigsten so früh als möglich anzubauen, d. h. dann, wann eben die erreichte Durchschnitts-Temperatur das Keimen und Wachsthum überhaupt möglich macht. Bei den Frühjahrssaaten hängt der Erfolg viel mehr wie bei den Wintersaaten vom Zeitpunkt der Aussaat ab, weshalb nach Möglichkeit getrachtet werden muss, nicht durch anderweitige Momente, wie z. B. unzulängliche Arbeitskräfte,

in der Ausnützung der passendsten Anbauzeit gehindert zu werden.

Die Mitteltemperatur der oben erwähnten wärmsten, d. i. dritten Saatperiode bietet manchen Pflanzen noch nicht die nöthige Wärmemenge zum raschen Keimen, z. B. den Melonen, dem Tabak, daher diese Pflanzen gewöhnlich im Mistbeet ausgesäet und so in ihrer ersten Jugend begünstigt, im Wachsthum gefördert werden, worauf sie erst später in's freie Land gepflanzt werden. Bei diesen ist die Pflanzzeit natürlich eine ganz andere, als wie die Saatzeit.

Es werden aber auch noch im Sommer Aussaaten vorgenommen, so z. B. bei den sogenannten Stoppelfrüchten, die erst nach der Ernte einer vorausgegangenen Frucht desselben Vegetationsjahres stattfinden und wegen der rascheren Entwicklung, die ihnen eigen ist, bis zum Herbste noch zur Reife oder wenigstens zur ökonomischen Benützung gelangen. Solche Stoppelfrüchte sind: Buchweizen, weisse Rüben, kleiner Mais *(Cinquantino)*, Hirse; Spörgel und andere Grünfutterpflanzen. Das Gedeihen solcher Stoppelfruchtsaaten hängt einmal von der zur Anbauzeit vorhandenen oder bald darauf durch Regen zugeführten Feuchtigkeit ab, dann noch von der Wärmesumme, welche von dem Zeitpunkt der Aussaat bis zu jenem Zeitpunkt des Spätherbstes sich ergibt, von wo die sinkende Temperatur das Wachsthum der Pflanzen nicht mehr zu befördern vermag. Wo es zur Zeit der Aussaat der Stoppelfrüchte im Juli und August trocken ist und auch der Boden seinen Feuchtigkeitsvorrath durch die Vorfrucht grossentheils verloren hat, da ist das Gedeihen der Stoppelfrüchte sehr unsicher, es wäre denn, dass bewässert werden könnte. In solchem Falle oder auch dann, wenn rechtzeitige Niederschäge nicht ausbleiben, erfolgt das Auflaufen solcher im Hochsommer gemachter Aussaaten in sehr kurzer Zeit; Samen, die selbst in der wärmeren Frühjahrs-Saatperiode längere Zeit im Boden liegen, ehe ihre Keimlinge hervorzukommen vermögen, erscheinen in solcher Zeit schon nach wenig Tagen. Das Gleiche gilt natürlich auch für alle sonstigen Saaten, welche erst vom Juni ab bis in den August hinein vorgenommen werden. Sie sind umsoweniger gesichert, je trockener der Boden durch eine Vorfrucht gemacht worden ist, dagegen umsomehr gesichert, je grösser der Vorrath an

Feuchte nicht blos in den tieferen Bodenschichten, sondern auch in den obersten Bodenschichten ist, die das Keimbeet bilden.

ZWEITER ABSCHNITT.

Die Unterbringung der Samen.

Die Natur selbst säet ihre Samen nur an der Oberfläche des Bodens aus; allenfalls werden sie von Unkräutern und abgefallenen Blättern bedeckt, fallen zwischen Spalten und Ritzen oder werden von Insecten verschleppt. Das kann die freigebige Natur thun, denn sie bringt Samen im Uebermass hervor, weit mehr als zu Pflanzen heranwachsen können, und es genügt, wenn nur das hundertste oder tausendste Korn keimt. Der Landwirth, der diese Verschwendung aber nicht verantworten könnte, wünscht, dass jedes seiner ausgesäeten Körner wo möglich keime und muss daher seine ausgestreuten Samenkörner bedecken.

Würden die Körner nur an der Oberfläche des Bodens ohne jede Bedeckung ausgesäet, so würde bei regnerischem Wetter und einigen anhaltend feuchten Tagen wohl das Keimen beginnen; in wenigen Tagen kann aber wieder trockene Witterung eintreten und das Keimen sistirt werden; das Samenkorn wird hiebei austrocknen, und wenn sich dies einigemale wiederholen sollte, wird jedenfalls die Keimfähigkeit und die Wachsthums-Energie der Samen geschwächt. Schon im ersten Theile wurde übrigens hervorgehoben, dass namentlich die Getreide-Arten hiebei eine ausserordentliche Widerstandsfähigkeit entwickeln. Nicht die Beeinträchtigung der Keimfähigkeit ist daher in erster Linie zu befürchten, sondern vielmehr die oft ausserordentliche Verzögerung der endlich eintretenden Keimung überhaupt. Es braucht nicht erst bemerkt zu werden, dass bei trockener Witterung die oberflächlich aufliegenden Samen gar nicht keimen würden. In heissen Ländern kommt dazu, dass, wenn die Samen oberflächlich aufliegend zum Keimen gelangten, solche bei der nachfolgenden Erwärmung des Bodens, die 50 und mehr Grade Celsius betragen kann, sicher zu Grunde gehen würden.

Die Erdbedeckung darf aber auch nicht zu stark sein, weil sonst die Samen, wie die Landwirthe sagen, ersticken. Dies kann in zweierlei Richtung verstanden werden; einerseits kann es ihnen an der nöthigen Luft fehlen, andererseits vermögen sie vielleicht auch nicht die darüber befindliche Bodenschicht zu durchbrechen, namentlich wenn sie mit ihren Keimblättern aus dem Boden herauskommen, während sie, wenn sie ihre Keimblätter nicht entfalten und nur ihre Stengelchen emportreiben, wie dies z. B. bei der Erbse oder Wicke der Fall ist, eine stärkere Erdbedeckung vertragen werden. Der Uebelstand einer zu starken Erdbedeckung wird sich natürlich in einem um so höheren Grade bemerklich machen, je bindiger und fester der Boden ist, je mehr er zur Krustenbildung neigt; er wird sich bei feinen Samen und Früchten auffälliger herausstellen als bei grossen und robusten Keimpflanzen. Ein fernerer Nachtheil einer zu tiefen Unterbringung besteht darin, dass die Keimpflanze in einen etwas geringeren Boden gelangt, wo die erste Entwicklung der Wurzeln weniger gut vor sich geht und die Pflanze im Wachsthum sich verspätet. Wenn die Bedeckung der Pflanze eine zu starke ist, so kann, wenngleich der Stengel oder die Keimblätter das mechanische Hinderniss zu überwinden vermöchten, derselbe doch aus dem Grunde nicht bis an die Oberfläche herauswachsen, weil die Reservestoffe des Samens nicht ausreichen, um so lange Stengel zu bilden, oder weil, wenn auch endlich die Pflanze an's Licht gelangt, sie doch immer ein Schwächling ist und im Wachsthum zurückbleibt.

Weil nun die Grösse der verschiedenen Samenarten so sehr verschieden ist, auch die Bodenverhältnisse äusserst mannigfaltig sind, kann für die Samen im Allgemeinen keine bestimmte Stärke der Erdbedeckung angegeben werden. Aber auch dieselbe Samenart kann man je nach den Boden- und Witterungsverhältnissen einmal seichter, einmal tiefer unterzubringen haben. Als allgemeine Grundsätze werden hier nur folgende gelten können:

1. In leichten, mürben Böden kann oder soll die Erdbedeckung eine stärkere als auf strengen bindigen Böden sein.

2. In feuchten Gegenden ist eher eine seichtere Unterbringung möglich, als in trockenen.

3. Bei der Herbstbestellung kann den Samen eine seichtere Erdbedeckung gegeben werden, als im Frühjahr oder im Sommer.

4. Die Stärke der Erdbedeckung richtet sich auch nach der Grösse der Samen und der Früchte, und auch darnach, ob solche einzeln oder in Knäueln ausgelegt werden.

Um die Minimal- und Maximalsätze zu veranschaulichen, welche bei den Haupt-Samengattungen bezüglich der Tiefe der Unterbringung zu beachten wären, sei auf einige Versuche hingewiesen, welche in der Art unternommen wurden, dass verschiedene Samen auf verschiedenen Bodenarten in genau bemessenen Tiefen zum Keimen gebracht wurden.

Als ein Versuch für feinere Sämereien sei der für Rothklee von Professor Jörgensen von der dänischen Landbau-Hochschule angeführt. Von 200 ausgesäeten Samen keimten:

Tiefe der Unterbringung in Centimeter	in Procenten
0	20
0·7	79
1·3	71
2·0	63
2·6	48
3·9	29
5·3	10
6·8	1·4
7·8	0·4
9·1	0
10·4	0

Also wäre die zweckmässigste Tiefe wahrscheinlich zwischen 0·5 und 1·5 Centimeter gelegen. Gleiches und Aehnliches gilt für Luzerne, Incarnatklee, Weissklee, Bastardklee, Wundklee, Hopfenluzerne, Kümmel, Fenchel, Mohn, Leindotter, Spörgel, Schafschwingel, Möhre, Pastinak. Eine noch seichtere Unterbringung (0·2 bis 0·5 Centimeter) verlangen: Gemeines Rispengras, Wiesenrispengras, Straussgras, Goldhafer, Lieschgras und Tabak.

Ein Versuch für Raps wurde von Tietschert durchgeführt. Von 150 Körnern keimten:

Tiefe der Unterbringung in Centimeter	Sandboden	Kalkhaltiger Lehmboden	Humusboden	Thonboden
2	125	140	128	135
4	130	136	136	146
6	66	70	68	57
8	72	64	67	10
10	42	25	31	12

Die zweckmässigste Tiefe für Raps beträgt also 2 bis 4 Centimeter. Hieher gehören ferner: Rübsen, weisse Rübe, Rispenhirse, Mohar, Kolbenhirse, französisches Raygras, englisches und italienisches Raygras, Wiesenschwingel, Lein, Serradella, Buchweizen, Hanf, Weberkarde, Gurken, Melonen.

Versuch für Roggen, gleichfalls von Tietschert. Von 110 Körnern sind aufgegangen:

Tiefe der Unterbringung in Centimeter	Sandboden	Kalkhaltiger Lehmboden	Thonboden
2·6	90	93	89
5·2	85	95	81
7·9	85	85	83
10·4	43	38	37
13·0	15	11	33
15·6	4	7	3

Die zweckmässigste Tiefe für Roggen beträgt demnach 2·6 bis 7·9 Centimeter. Dasselbe gilt für Weizen, Gerste, Hafer, Mais, Moorhirse, Linse, Esparsette, Sonnenblume.

Versuch für Futterwicke von Professor Jörgensen. Von 200 Samen keimten:

		Procent
Bei 2·6	Centimeter tiefer Unterbringung	60
„ 5·3	„ „ „	60
„ 7·8	„ „ „	61
„ 10·5	„ „ „	60
„ 13·2	„ „ „	58
„ 15·7	„ „ „	57
„ 18·5	„ „ „	56
„ 21·0	„ „ „	55
„ 24·8	„ „ „	47
„ 26·3	„ „ „	34
„ 29·0	„ „ „	29
„ 31·8	„ „ „	15
„ 34·2	„ „ „	5
„ 37·0	„ „ „	2
„ 39·5	„ „ „	0·5
„ 42·3	„ „ „	0

Also variirt die zweckmässigste Tiefe zwischen 3 bis etwa 10 Centimeter. In diese Kategorie gehören ferner: Erbsen, Wicken, Pferdebohnen, Fisolen, Platterbsen, Kichererbsen, Lupine.

Tiefer untergebrachte Samen laufen später auf, wie die nur seicht bedeckten, vorausgesetzt, dass es den letzteren nicht an der entsprechenden Feuchte mangelt. Ein Versuch Burger's

weist dies nach. Burger säete unter sonst gleichen Bedingungen Mais bei verschieden starker Bedeckung.

Bei einer Tiefe der Unterbringung

von	2·6	Centimeter	= 1	Zoll	lief	die	Saat	auf	nach	$8^1/_2$	Tagen
„	4	„	= $1^1/_2$	„	„	„	„	„	„	$9^1/_2$	„
„	5·3	„	= 2	„	„	„	„	„	„	10	„
„	6 5	„	= $2^1/_2$	„	„	„	„	„	„	$11^1/_2$	„
„	8	„	= 3	„	„	„	„	„	„	12	„
„	9·2	„	= $3^1/_2$	„	„	„	„	„	„	13	„
„	10·6	„	= 4	„	„	„	„	„	„	$13^1/_2$	„
„	12	„	= $4^1/_2$	„	„	„	„	„	„	$17^1/_2$	„
„	15	„	= 6	„	„	„	„	nicht auf.			

Durch die Tiefe der Unterbringung wird aber auch die ganze Entwicklung der Pflanze ausserordentlich beeinflusst; man ersieht dies aus einem Versuche Moreau's in Frankreich, der auf je einen Quadratmeter 200 Weizenkörner in verschiedener Tiefe auslegte und folgende Erhebungen bei der Ernte machte:

Beet-Nr.	Tiefe der Unterbringung in Centim.	Zahl der Pflanzen	Aehrenzahl pro Beet	Körnerzahl pro Beet
1	16·0	5	53	682
2	15·0	14	140	2520
3	13·5	20	174	3818
4	12·0	40	400	8000
5	11·0	72	700	16560
6	9·5	93	992	18534
7	8·0	125	1417	35434
8	6·5	130	1560	34339
9	5·0	140	1590	36480
10	4·0	142	1660	35825
11	2·5	137	1461	35072
12	1·0	64	529	10587
13	0	20	107	1600

DRITTER ABSCHNITT.

Die Vertheilung der Samen.

Gleichmässige Vertheilung entweder im Quadrat- oder Dreiecksverband wäre vom theoretischen Standpunkte aus das Vortheilhafteste. Man kann sich den quadratischen Verband als einen solchen vorstellen, bei welchem die ganze Fläche mit grösseren oder kleineren Quadraten bedeckt erscheint und die Samen in den Kreuzungspunkten der Linien ausgelegt werden.

Der Wachsraum einer Pflanze ist in diesem Falle gleich dem Quadrat einer Seite. Beim Dreiecksverband ist aber ein Netz von gleichseitigen Dreiecken über das Feld gelegt; sei die Seitenlänge eines Quadrates = 1, die eines Dreieckes = 1, so haben die Pflanzen zwar in beiden Fällen gleiche Abstände, indessen stehen sie doch dichter in letzterem Verbande, da die Wachsraumfläche im quadratischen Verbande = 1, im Dreiecksverbande = 0·86 ist; mit anderen Worten: beim Dreiecksverbande können trotz des anscheinend gleichen Abstandes der Pflanzen um 14% mehr Pflanzen stehen, als im quadratischen Verbande. Ein solch' regelmässiger Verband wird aber nur dort ausgeführt, wo, weil die Pflanzen in grossen Abständen zu stehen kommen, die Arbeit der Aussaat oder der Pflanzung keine grossen Kosten verursacht. Es gilt dies für Tabak, Runkelrübe, Mais u. a., nicht aber für Lein, Klee, Getreide u. s. w. Oekonomischer Gesichtspunkte wegen wird deshalb die Aussaat bei engerem Stande der Pflanzen eine unregelmässige, und zwar ist diese Unregelmässigkeit entweder eine totale oder theilweise. Ersteres ist der Fall bei der breitwürfigen Saat, letzteres bei der Drill- und Dibbelsaat. Bei der Drillsaat ist insoferne eine gewisse Regelmässigkeit gegeben, als die Aussaat in Reihen von gleichem Abstande erfolgt, in den Reihen aber die Körner oder Samen nur annähernd gleichmässig vertheilt sind. Bei der Dibbelsaat kann man sich dem quadratischen oder Dreiecksverbande am meisten nähern, doch werden auch hier an den Säestellen die Körner in verschiedener Anordnung und Zahl ausgelegt.

Die breitwürfige Aussaat kann geschehen mit der Hand oder mit breitwürfigen Säemaschinen. Gegenüber der Handsaat, wenn bei derselben auch alle Umsicht und Vorsicht stattfindet, ist bei Anwendung breitwürfiger Säemaschinen die Vertheilung doch gleichmässiger, und zwar auch bei windigem Wetter die Regulirung des Saatquantums sicherer. Bei einer Breite von 2·5 bis 4 Meter und darüber besäen Breitsäemaschinen eine Fläche von 10 bis 12 Hektaren pro Tag, während die Arbeit eines geübten Säemannes pro Tag 3·5 bis 4·5 Hektaren betragen kann. Der Samenvertheilungs-Apparat der Breitsäemaschinen besteht aus einer Welle, die mittelst der Fahrräder durch eine Zahnrad- oder Kettenrad-Uebersetzung

umgedreht wird; an dieser Welle sind in bestimmten Entfernungen Schöpf-Apparate angebracht (Säeräder, Bürstenwalzen, Säescheiben, Säelöffel, Schöpfräder), welche vom Samenvorrathe des Kastens stetig gewisse Mengen entnehmen. Entweder fällt der Same unmittelbar aus den Ausstreu-Oeffnungen zu Boden, oder er fällt auf ein einfaches oder doppeltes Ausstreubrett; an ersterem werden dreieckige Holzklötzchen befestigt, zwischen welchen sich die Körner gleichmässig vertheilen; die Doppel-Ausstreubretter haben zwischen sich reihenreise versetzte Stifte, zwischen welchen die Körner durchfallen. Die Regulirung der Saatmenge kann in verschiedener Weise erfolgen: durch Aenderung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Saatwelle, durch Verschiebung dieser letzteren, durch Erweiterung oder Verengerung der Ausstreu-Oeffnungen. Die Anwendung der breitwürfigen Säemaschinen lässt wohl 10% an Samen ersparen. Bekannte Breitsäemaschinen sind: die Alban'sche Säemaschine, die Eckert'sche Universal-Breitsäemaschine, die Thorn'sche Breitsäemaschine, Clayton & Shuttleworth's breitwürfige Säemaschine u. a. m.

Ein Nachtheil der Breitsaat ist, dass die Unterbringung der Samen nicht gleichzeitig mit der Aussaat erfolgt, sondern besonders vorgenommen werden muss, wodurch sich aber die Aussaat vertheuert und die Unterbringung unvollkommen ausfällt. Man wendet hiebei je nach der erforderlichen Tiefe der Unterbringung an: die Walze, die Dornegge, die Egge, den Pflug; den Exstirpator, welcher, wenn mit stark gewölbten und nicht sehr breiten Schaaren versehen, den Samen in beliebige, im Ganzen aber auf grössere Tiefen ziemlich gleichförmig unterbringt; noch mehr und bessere Arbeit leistet für letzteren Zweck der Krümer und am meisten entsprechen hiefür die sogenannten Saatpflüge, Eilpflüge, welche an einem gemeinschaftlichen Gestell 3 bis 7 Miniaturpflüge oder Ruchadlo-Schaare besitzen, die derart befestigt sind, dass die aufgeworfenen Erdstreifen genau aneinander passen.

Die Reihensaat (Drillsaat) kann auf kleinen Flächen, z. B. in Gärten, mit der Hand ausgeführt werden, auf grösseren Flächen des Ackerlandes nur dann, wenn die Reihen weit von einander zu liegen kommen; im Uebrigen ist das Drillen im Grossen nur durch Drillmaschinen möglich. Die Construction

derselben ist gegenwärtig so vollkommen, dass sie fast allen Anforderungen entsprechen. Die Zahl der Drillmaschinen ist Legion, z. B. die von Garrett, Clayton & Shuttleworth Smyth, Hornsby, Buckeye, Sigl, Carow, Kugler, Kühne u. A. m.

Die Vortheile der Drillmaschinen bestehen darin, dass sie gestatten:

1. Grosse und kleine Samen in Reihen von beliebiger Entfernung auszusäen.

2. Die Körner und Samen innerhalb der Reihen in continuirlicher Weise bald lockerer, bald dichter auszusäen.

3. Die ausgestreuten Samen mittelst besonderer Saatschaare in beliebiger Tiefe unterzubringen.

4. Auch gestatten sie eine schnelle Arbeit, insoferne sie mehrere Reihen gleichzeitig besäen, 9, 13, 16, selbst 24 Reihen, z. B. die „Germania" Drill- und Dibbelmaschine von Siedersleben, mit einer Spurweite von 3·77 Meter.

5. Indem alle Samen gleichmässig bedeckt werden und alles Keimfähige keimt, wird viel Same erspart und kann diese Ersparniss 25 bis 40% betragen.

6. Ist noch hervorzuheben, dass bei der Drillsaat auch eine nachfolgende Bearbeitung des Bodens möglich wird (Behacken) und dass der Boden sorgfältiger in Cultur genommen werden, d. h. das Feld sorgfältig vorbereitet werden muss.

Wegen dieser Vortheile haben die Drillmaschinen seit kaum 30 Jahren eine ausserordentliche Verbreitung erfahren; nicht blos Grossgrundbesitzer bedienen sich ihrer, auch der bäuerliche Grundbesitzer betrachtet an vielen Orten diese Maschine als unentbehrlich, und da für den Einzelnen eine Drillmaschine nicht gehörig ausgenützt wird, verbinden sich Mehrere zum gemeinschaftlichen Ankaufe.

Unebenes Terrain, stark geneigte Hänge, auch der Beetbau erschwert ihre Benützung oder macht sie unmöglich; sollen sie Vollkommenes leisten, muss der Boden eben oder in sehr flachen und breiten Beeten gepflügt sein.

Es lassen sich fast alle Samenarten drillen; nur für feine Grassamen sind die Drillmaschinen nicht verwendbar; auch für Lein, der einen sehr dichten Stand verlangt, werden sie noch nicht benützt.

Die Leistung einer Drillmaschine bei Getreidesaaten wird um so vollkommener sein, je näher die Reihen aneinander kommen und je weiter entfernt die Samen in den Reihen zu liegen kommen; denn wenn ein bestimmtes Quantum an Samen für eine bestimmte Fläche ausgesäet werden soll, so muss, je weiter die Reihen von einander entfernt sind, der Same in den Reihen um so dichter beisammenliegen und umgekehrt. Früher, wo man ein Hauptgewicht auf das nachfolgende Behacken der Getreidesaaten legte, drillte man auf grössere Entfernungen, auf 20 bis 25 Centimeter. Dies geht dort eher an, wo sich das Getreide besser bestockt und nachher den Boden doch bedeckt. Bei uns, wo man vor 20 bis 30 Jahren gleichfalls noch so grosse Entfernungen der Reihen eingehalten hat, bestockte sich aber das Getreide weniger, die Saat kam nicht zum vollen Schluss und die Erträge waren geringer als bei der breitwürfigen Saat; man verengte deshalb allmälig die Reihen bei gleichen Samenquantitäten bis auf 8, 10, 15 Centimeter und hatte bessere Erfolge.

Die entsprechende Drillweite wird man nach den jeweiligen Boden- und klimatischen Verhältnissen immer erst festzustellen haben. Jeder Landwirth muss seine besonderen Gründe dafür haben, warum er auf diesem oder jenem Felde enger oder weiter drillt.

Es kommt weniger darauf an, dass man bei grosser Drillweite bedeutend an Saatgut erspart und das Verhältniss zwischen Saatquantum und Körnerernte ein recht grosses sei, vielmehr darauf, dass möglichst grosse Samenernten für die Flächeneinheit gewonnen werden. Wenn auf einen Quadratmeter nur 25 Körner ausgesäet und dieselben alle zu recht bestockten Pflanzen heranwachsen würden, deren jede bis 200 Körner producirte, so wäre allerdings der Ertrag ein zweihundertfältiger, aber man bekäme pro Hektar doch nur 25 . 200 . 10000 Körner = 50 Millionen Körner oder ein Gewicht von etwa 1500 Kilogramm Körner; während, wenn auf den Quadratmeter 200 Körner ausgesäet würden und jedes Korn nur 50 Körner trüge, der Körnerertrag aus 200 . 50 . 10000 = 100 Millionen Körnern bestehen, also doppelt so gross sein würde, während das Saatquantum bei der lockeren und der dichten Aussaat sich wie 7·5 : 60 Kilogramm verhielten, wobei 52·5 Kilogramm an Saat-

gut erspart, an der Körnerernte aber 1500 Kilogramm Körner eingebüsst worden wären.

Die Stufen- oder Tüpfelsaat besteht darin, dass in den Saatreihen auf bestimmte Entfernungen je einzelne Samen oder je mehrere an einer Stelle gelegt werden; auch die Stufensaat wird entweder mit der Hand oder mittelst Maschinen ausgeführt.

Bei der Hand-Tüpfelsaat wird eine in gewissen Abständen mit Knoten versehene Schnur oder Pflanzkette, der Marqueur, oder es werden Zapfenwalzen, Dibbelstöcke, Dibbelbretter benützt, oder man legt nach dem Pfluge, dem Haken, oder zieht früher Furchen mit dem Häufler, z. B. beim Kartoffellegen; Tüpfelstreuer, wie der von Le Docte, gehören auch hieher. An den markirten Stellen wird entweder gleich die Vertiefung durch das benützte Geräthe gebildet oder nicht; im ersteren Falle hat man nur die Samen einzulegen und mit dem Rechen, der Haue, der Egge, dem Fusse u. s. w. zu bedecken; oder das Loch muss mit einer Haue erst ausgehoben werden, wobei gleichzeitig die Samen eingelegt werden und die Bedeckung vorgenommen wird.

Es gibt aber auch Säemaschinen, welche in Tüpfeln oder Dibbeln säen, so die Kutzer'sche Rübendibbel-Säemaschine oder Sack's Dibbelmaschine; oder es werden auch die gewöhnlichen Drillmaschinen derart in Dibbelmaschinen umgewandelt, dass man durch eine besondere Klappenvorrichtung die Samenleitung momentan unterbricht, so dass in der Reihe kein ununterbrochenes, sondern ein platzweises Ausstreuen stattfindet.

VIERTER ABSCHNITT.

Bestimmung der Saatmenge.

Man muss den Wachsraum kennen, welchen die verschiedenen Pflanzen benöthigen, um sich gehörig entwickeln zu können. Dies wird sich aus Berechnungen und Messungen an den entwickelten Pflanzen ergeben, besser noch in der Weise, dass man eine Fläche von bestimmter Grösse, auf welcher die betreffenden Culturpflanzen einen ganz ausgezeichneten Stand haben, mit Bezug auf die Zahl der sie bedeckenden Pflanzen untersucht.

Werden solchen Zahlen jene gegenübergehalten, welche für das Gewicht von je 1000 Körnern und für das Hektolitergewicht der Samen in Kilogramm gelten, so fällt es nicht schwer, mit Hilfe dieser Zahlen die erforderliche Samenmenge in einem gegebenen Falle für eine bestimmte Anbaufläche auszurechnen. Wenn der Wachsraum für ein Samenkorn gegeben ist, so braucht man ja nur die Zahl der Pflanzen oder Samen, die darnach auf einen Hektar entfallen, zu berechnen; ist auch gleichzeitig das Gewicht von 1000 Körnern derselben Samengattung (Samenprobe) bekannt, so lässt eine einfache Rechnungs-Operation das Gewicht des pro Hektar erforderlichen Saatquantums berechnen. Sei z. B. für Weizen ein Wachsraum von 25 Quadrat-Centimeter beabsichtigt, so macht dies für einen Quadratmeter 400, für ein Hektar 4,000.000 Körner. Ein Kilogramm der zur Aussaat bestimmten Weizenkörner zähle 50.000 Körner, so betrüge das erforderliche Saatquantum $\frac{4.000.000}{50.000} = 80$ Kilogramm. Oder man wollte eine Runkelrübensaat von einer solchen Dichte, dass schliesslich pro 0·1 Quadratmeter eine Pflanze stehe, so wären 100.000 Fruchtknäuel erforderlich; ein Kilogramm der Fruchtknäuel zähle deren 25.000, so brauchte man an Saatgut pro Hektar nur $\frac{100.000}{25.000} = 4$ Kilogramm.

Aber diese theoretisch berechnete Samenmenge bedarf aus folgenden Gründen einer oft weitgehenden Correction:

1. Ist immer nur ein Theil der Samen keimfähig; in allen Fällen ist also ein Zuschlag in der Höhe des Procentsatzes der nicht keimfähigen Samen zu geben.

2. Auch die Sterblichkeit der Pflanzen ist in Berücksichtigung zu ziehen, die auch dann eintritt, wenn mechanische Verletzungen an denselben nicht vorkommen. Dabei halte man sich vor Augen, dass diese Sterblichkeit eine um so höhere ist, je geringer das Keimungsprocent ist. Würden von irgend einem Saatgut bei der Keimprobe nur 75% der Körner als keimfähig sich erweisen, so könnte man ohneweiters weitere 12 bis 15% zuschlagen, von welchen man keine reifen Pflanzen erhält, da die Keimfähigkeit geschwächt ist und ein Absterben im Keimlingsstadium oder später noch eintritt.

3. Man kann darauf rechnen, dass ein Theil der Samen und auch der Keimlinge noch durch mancherlei Insecten, Vögel und Mäuse zerstört wird; um den dadurch erforderlich werdenden

Zuschlag zu berechnen oder zu schätzen, können nur die localen Erfahrungen Anhaltspunkte geben.

4. Es wird nicht gleichgiltig sein, in welcher Weise die Unterbringung oder Bedeckung der Samen erfolgt. Ist die Bedeckung eine angemessene und gleichförmige, so braucht man weniger Samen; wenn dies aber nicht der Fall sein sollte, wird die Samenmenge auch aus diesem Grunde zu erhöhen sein, weil manche Samen nicht keimen können oder manche Keimlinge zu Grunde gehen.

5. Viel wird ferner von der Beschaffenheit und Fruchtbarkeit des Bodens abhängen; auf einem gut gedüngten, kräftigen, wohl vorbereiteten Boden kann die Saat weit lockerer gemacht werden als auf einem mageren, geringeren, minder gut vorbereiteten Boden. Die Zeit des Anbaues ist zu berücksichtigen; bei frühzeitiger Saat braucht man weniger, bei später Saat mehr Samen. Auch die jeweilige Gunst oder Ungunst der Witterung muss in Betracht gezogen werden.

So kann es kommen, dass, alle diese Factoren in Berücksichtigung gezogen, das theoretisch berechnete Saatquantum verdoppelt, verdreifacht, ja selbst noch mehr vervielfacht werden muss. Deshalb ist die Bestimmung des Saatquantums eine der schwierigsten Aufgaben des Landwirthes; er weiss, dass sowohl die zu lockere, wie die zu dichte Aussaat die Höhe des Ertrages herabdrückt; er hat aber auch erfahren, dass in einer und derselben Localität in einem Jahre eine schwächere, in einem anderen eine stärkere Aussaat besser gelingt. Trotzdem muss er, da er die Witterung in vorhinein nicht kennt, sondern höchstens die augenblickliche Phase und ihren etwaigen Einfluss auf die Saatmenge beurtheilen kann, sich an das durchschnittliche Saatquantum halten, wie er es nach seiner Erfahrung für die vorliegenden Verhältnisse gefunden hat, und je nachdem einzelne oder mehrere der genannten Factoren sich augenblicklich geltend machen, auch wieder nach seinen Erfahrungen schätzungsweise jenes Mass modificiren. Solche Erfahrungen wird er aber hauptsächlich nur in der Art zu sammeln vermögen, wenn er mit Ueberlegung und Verständniss entsprechende Anbauversuche auf dem Gute vornimmt, wenn er nicht nach der Schablone, sondern nach jenem Ermessen arbeitet, das sich auf die Resultate positiver und mehrjähriger Versuche stützt.

In der speciellen Pflanzenbau-Lehre werden für jede Culturpflanze allgemeine Mittelsätze aus einzelnen Gegenden angeführt, und es zeigt sich, dass das Saatquantum für dieselbe Pflanze sich wie 1 : 3 verhalten kann.

Bisher war immer nur von der Aussaat einer einzigen Fruchtgattung die Rede, es kann aber auch vorkommen und kommt in der That häufig genug vor, dass gemischte Saaten gemacht werden, und bei diesen treten besondere Gesichtspunkte für die Bemessung des Saatquantums auf.

Mischsaaten werden nicht selten ausgeführt, wenn Samen- oder Körnergewinn beabsichtigt wird. So kann Weizen und Roggen als Mischfrucht gebaut werden. Auch dort, wo Spelz gebaut wird, erhält derselbe nicht selten Roggen beigemengt; üblich ist der Anbau von Linsenspelz, von Linsenroggen, von Winter-Wickenroggen. Gerste und Hafer könnten bei der Aussaat nur dort gemengt werden, wo der Unterschied in der Entwicklung nicht bedeutend ist. Ausserdem werden Gerste und Sommerroggen, Linsengerste, Erbsengerste und Wickengerste gebaut; mit Hafer endlich gelangt nicht selten Wicke, Erbse, Pferdebohne, Platterbse zur Aussaat. Weit häufiger aber als Mischsaaten zur Körnergewinnung sind solche zum Zwecke der Futtergewinnung, so Wickhafer (Mischling), die Kleegrasgemenge, wie solche auf den künstlichen Futterfeldern gebräuchlich sind. Wenn auf Feld-Kleegrasschlägen meist nur eine beschränkte Zahl von Pflanzenarten in die Mischung einbezogen wird, so ist dagegen die Mannigfaltigkeit des Samengemenges weit grösser, wenn es sich um die künstliche Besamung von neu anzulegenden Wiesen und Weiden handelt.

Um Anhaltspunkte zur Bemessung der Saatmenge für gemischte Saaten zu gewinnen, müssen die Zwecke und Vortheile derselben in's Auge gefasst werden. Diese Vortheile bestehen in Folgendem:

1. Verschiedene Pflanzenarten können dichter beisammenstehen als solche, die derselben Art angehören, und zwar deshalb, weil die Ausbreitung und Verzweigung der Stengel bei verschiedenen Arten eine verschiedene ist. Dieser Satz, dass bei der Aussaat verschiedener Pflanzenarten auf demselben Felde eine grössere Zahl von Pflanzen Platz findet, also auch eine verhältnissmässig dichtere Aussaat vorgenommen werden

kann, gilt natürlich nur dann, wenn die Pflanzenarten hinsichtlich ihrer Stengelbildung und Verzweigung wesentliche Verschiedenheiten zeigen, also weniger oder gar nicht dann, wenn sie ein gleichartiges Wachsthum zeigen. Wenn demnach Roggen und Weizen oder Roggen und Gerste gemischt würden, hätte man keinen Grund, die Saat dichter zu bewerkstelligen, wohl aber, wenn Gräser und Schmetterlingsblüthler combinirt werden sollen.

2. Die Wurzelbildung ist eine ungleiche bei verschiedenen Arten; manche wurzeln seichter, andere gehen tiefer, der Boden wird demnach durch Mischsaaten gleichförmiger bis auf grössere Tiefen in Anspruch genommen.

3. Auch die Nährstoffe des Bodens werden vollständiger ausgenützt, woraus eben, sowie aus dem Vorangegangenen, gefolgert werden kann, dass Mischsaaten auch grössere Ernten ermöglichen.

4. Das Moment der Unverträglichkeit der Pflanzen mit einander wird sich weniger geltend machen bei einem Gemische verschiedener Pflanzen als wie bei einer reinen Saat.

5. Das Risico ist geringer; wenn die Witterungsverhältnisse für die eine Art nicht günstig sind, sind sie es vielleicht für die andere.

6. Durch solche Gemengesaaten, welche zum grösseren Theile perennirende Pflanzen enthalten, kann man schon in den ersten Jahren höhere Erträge erzielen.

7. Futtergemengesaaten enthalten die Nährstoffe in einem für das Vieh gedeihlicheren Verhältnisse, als das Futter von Reinsaaten; Rothklee z. B., für sich allein verfüttert, lässt seine Proteïnstoffe nicht zur vollen Ausnutzung gelangen, während die Beimengung eines Futters mit einem grösseren Gehalt an Kohlehydraten solchem Verluste an Proteïn vorbeugt, eine Beimengung, welche die Gemengesaat unmittelbar besorgt.

Eine der gewöhnlichsten und zugleich wichtigsten Mischsaaten ist das Kleegrasgemenge und soll der Gegenstand an diesem Beispiele noch genauer in Betracht gezogen werden. Im Allgemeinen zeigen die empfohlenen Kleegras-Saatmischungen den Mangel, dass bei denselben gar keine Rücksicht auf die Fähigkeit der einzelnen Gemengtheile genommen worden ist, einen bestimmten Antheil der Bestockung herzustellen, und dass

nicht selten, statt eines gewissen Gewichtes irgend einer Samenart, ohneweiters ein gleiches Gewicht einer anderen Samenart gesetzt wird. Wenn z. B. in derlei Compositionen die Esparsette mit 2 Kilogramm oder in anderen gar nur mit 1 oder 0·5 Kilogramm aufgenommen erscheint, so ist es offenbar kaum die Absicht gewesen, diese Futterpflanze im Verhältnisse zu der hiedurch möglichen Bodenbedeckung in das Gemisch zu bringen, weil dieses Verhältniss verschwindend klein wäre; denn 1 Kilogramm Esparsettesamen enthält nur 50.000 Körner, dagegen 1 Kilogramm der Hopfenluzerne 600.000 Früchte. Eine Vertretung dem Gewichte nach ist daher nicht möglich. Aber auch die Zahl der Samenkörner allein kann nicht massgebend sein, denn aus Samen mancher Pflanzenart entstehen nur sehr unbedeutende, schmächtige Pflanzen, während sich andere mehr oder weniger ausbreiten und bestocken, umsomehr, je häufiger sie abgeschnitten oder abgeweidet werden. Es bleibt hiernach kein anderer Ausweg übrig, als der, das Gemisch mit Rücksicht auf das Bedeckungs- und Bestockungsvermögen der einzelnen Gemengtheile herzustellen, welches Vermögen nach den Mengen zu beurtheilen wäre, die zur Herstellung einer Vollreinsaat der betreffenden Pflanze erforderlich sind.

Unter Beachtung des Zweckes, für welchen die Kleegrassaaten angelegt werden sollen, dann nach sorgfältiger Würdigung von Klima und Boden, endlich unter Benützung der seitherigen Erfahrungen über derartige Saaten und Wahrnehmung des Vorkommens und Gedeihens der Futterpflanzen auf natürlichem Graslande wird der Landwirth darüber schlüssig werden, in welchem Verhältniss überhaupt die einzelnen Pflanzen in dem Gemenge vertreten sein sollen. Ist dieses Verhältniss bekannt, weiss man ferner die Stärke einer Vollreinsaat pro Hektar, so lässt sich das Quantum der einzelnen Mischungsbestandtheile leicht berechnen.

In Folgendem folgen einige Daten für die wichtigsten Futterpflanzen:

	Vollsaatbedarf pro Hektar in Kilogramm
Wiesenrispengras	10—12
Gemeines Rispengras	8—10
Wiesenschwingel	36—45

	Vollsaatbedarf pro Hektar in Kilogramm
Französisches Raygras	50—65
Englisches Raygras	40—55
Italienisches Raygras	35—50
Lieschgras	10—12
Knaulgras	30—40
Aufrechte Trespe	65—80
Esparsette	75—90
Rothklee	15—24
Bastardklee	10—12
Weisser Klee	8—10
Schotenklee	15—20
Luzerne	16—26
Schwedische Luzerne	12—18
Hopfenluzerne	25—30
Wundklee	20—30
Bibernelle	50—60

An einigen Beispielen kann hier die theoretisch berechnete Saatmenge mit der thatsächlichen verglichen werden:

Rothklee: pro Kilogr. 560.000 Samen, Wachsraum pro Pflanze 20 □Cent.
Lieschgras: „ „ 2,200.000 „ „ „ „ 4 „
Esparsette: „ „ 45.000 „ „ „ „ 50 „
Rothklee: pro □Meter 500 Pflanzen, also pro Hektar 5,000.000.

Das Saatquantum: $\frac{5,000.000}{560.000} = 8{\cdot}9$ Kilogramm

Lieschgras: $\frac{25,000.000}{2,200.000} = 11{\cdot}4$ „

Esparsette: $\frac{2,000.000}{45.000} = 44{\cdot}4$ „

a) Sollte nun das Gemenge blos aus Rothklee und Lieschgras bestehen, und wären für ersteren 60% der Pflanzen projectirt, für letzteres 40%, so würde sich die Rechnung wie folgt herausstellen:

	Rothklee	60%	von 18·5 Kilogr.	= 9·1	Kilogr.
	Lieschgras	40%	„ 11 „	= 4·4	„
			Zusammen	13·5	Kilogr.
b)	Esparsette	50%	von 82·5 Kilogr.	= 41·25	„
	Französisches Raygras	50%	„ 57·5 „	= 28·75	„
			Zusammen	70·00	Kilogr.
c)	Rothklee	40%	von 18·5 Kilogr.	= 7·4	„
	Englisches Raygras	20%	„ 47·5 „	= 9·5	„
	Italienisches Raygras	12%	„ 42·5 „	= 5·1	„
	Lieschgras	16%	„ 11·0 „	= 1·76	„
	Wiesenschwingel	12%	„ 40·5 „	= 4·86	„
			Zusammen	28·62	Kilogr.

d) Weissklee	20%	von	9	Kilogr.	=	1·8	Kilogr.
Hopfenluzerne	10%	„	27·5	„	=	2·75	„
Schotenklee	15%	„	17·5	„	=	2·62	„
Englisches Raygras . . .	20%	„	47·5	„	=	9·50	„
Italienisches Raygras . .	10%	„	42·5	„	=	4·25	„
Lieschgras	15%	„	11·0	„	=	1·65	„
Wiesenschwingel	10%	„	40·5	„	=	4·05	„
					Zusammen	26·62	Kilogr.

Weil bei den verschiedenen Mengesaaten die eine Pflanzenart sich näher am Boden, die andere weiter oben ausbreitet, die eine früher, die andere später sich entwickelt, die eine flach, die andere tief wurzelt, so ist die Saat stärker als bei vollen Saaten zu geben. Dieser Zuschuss pflegt nun in der Praxis sehr verschieden auszufallen; er ist geringer dort, wo nur wenige Pflanzen combinirt werden, grösser dort, wo deren mehrere in der Mischung vertreten sind. Derselbe kann von 25 bis 50% variiren; wenn ein solcher Zuschlag aber bis auf 70 und 100% steigt, so ist dafür wohl kein triftiger Grund geltend zu machen. Darnach würden also die früher berechneten Mengen noch entsprechend erhöht werden müssen. Zu bemerken wäre noch, dass auf Futterfeldern, von welchen Mähefutter gewonnen wird, die niedrigeren, für künstlich anzulegende Weiden die höheren Sätze genommen werden.

FÜNFTER ABSCHNITT.

Vorbereitung der Samen.

Um das Gedeihen der Saaten zu sichern und zu fördern, kommen in der landwirthschaftlichen Praxis mancherlei Massregeln in Anwendung, welche wohl unter dem Titel „Vorbereitung der Samen" zusammengefasst werden. Eine solche Vorbereitung der Samen kann bestehen:

1. im Quellen,
2. im Vorkeimen,
3. im Candiren,
4. im Beizen,
5. im Aelterwerdenlassen,
6. im künstlichen Trocknen,
7. im Ausfrierenlassen.

Durch das Quellen soll dem Samen das zum Keimen nöthige Wasser schneller zugeführt werden, als dies im Boden möglich wäre und so ein rascheres Auflaufen der Saat bewirkt werden. Es ist dies nicht ohne Bedeutung bei Samen, welche das Wasser langsam aufnehmen, wie z. B. bei Runkelrüben, Krapp, Möhren u. dgl.; bei Samen, welche zum Keimen viel Wasser bedürfen, wie Fisolen und andere Leguminosen; in kühlem Klima, wo die Wärme für die betreffenden Pflanzen überhaupt knapp zulangt; bei verspäteten Saaten, um einen Vorsprung zu gewinnen; bei Ausfüllung von Saatlücken, um die bereits vorhandenen Pflanzen möglichst bald durch die Nachsaat einzuholen. Selbstverständlich muss das Vorkeimen, bei welchem die Würzelchen aus dem Samenkorn bereits hervorzutreten beginnen, in den genannten Richtungen sich noch wirksamer erweisen. Wie nahe liegt, wird der Boden bei gequelltem oder angekeimtem Samen so feucht sein müssen, dass der Keimungsprocess ungehindert seinen Fortgang nehmen kann; solche Saat, in trockenem Boden ausgeführt, würde Nachtheil nach sich ziehen.

Das Candiren des Samens besteht darin, dass die Samen mit Jauche oder einer Leimlösung benetzt und dann mit Guano, Knochenmehl, Fleischmehl u. dgl. bestreut werden; ein Erfolg ist aber von einer sochen Samendüngung kaum zu erwarten.

Bezüglich des Beizens und der übrigen oben angeführten Massregeln ist an dieser Stelle nicht näher einzugehen, vielmehr einerseits auf den I. Theil der allgemeinen Pflanzenbau-Lehre, andererseits auf den speciellen Pflanzenbau zu verweisen.

SECHSTER ABSCHNITT.

Die Pflanzung.

Während der Gärtner die Pflanzung sehr häufig anwendet, findet dieselbe auf dem Felde im Ganzen nur untergeordnet statt, z. B. für Tabak, Futterrunkeln, Kohlrüben, Kopfkohl, Raps, Krapp, Weberkarden u. s. w., Pflanzen, bei welchen die Kostspieligkeit des Verfahrens durch den ansehnlichen Wachsraum sich mildert. Die Beweggründe für die Wahl dieser Art des Anbaues sind verschieden und haben im speciellen Pflanzen-

bau ihre besondere Erörterung zu finden. Man pflanzt, um in dem geschützten und wohlgepflegten Saatbeete den jungen Pflanzen einen Vorsprung in der Entwicklung zu geben, mit dem sie dann auf das Feld kommen; das Feld kann indessen besser vorbereitet werden, als es bei früherer Saat möglich gewesen wäre, oder es kann mittlerweile für eine andere Feldfrucht benützt werden. Pflanzen, welche empfindlich gegen den Frost sind, warten in dem Saatbeete, welches gegen denselben geschützt werden kann, zugleich die Spätfröste ab. Ein Vortheil der Pflanzung liegt auch darin, dass die kräftigsten oder sonst geeignetsten Pflanzen ausgewählt werden können, um auf das Feld übersetzt zu werden. Stärkere Pflänzlinge erzielt man auch dadurch, dass die auf dem Saatbeete stehenden Pflanzen ausgenommen und auf ein anderes Beet in etwas grösseren Abständen überpflanzt (pikirt) werden, von wo sie erst nach weiterer Erstarkung auf das Feld gesetzt werden. Von der Pflanzung macht man auch Gebrauch, um Lücken in den Saaten in Bestand zu bringen, vorausgesetzt, dass die betreffende Pflanze die Auspflanzung auch verträgt, was z. B. bei dem Mais nicht der Fall ist.

Für das Saatbeet ist geeigneter Boden in günstiger Lage zu wählen, der Boden angemessen zu bearbeiten, zu mischen, zu düngen, nach Bedarf auch durch eine Mistunterlage zu erwärmen, was Alles für die verhältnissmässig kleine Fläche des Beetes, ebenso wie sorgfältigste Saat, Pflege durch Jäten, Lichten, Lockern, Begiessen, Bedecken durch Strohmatten oder Mistbeetfenster u. s. w. leicht möglich ist.

Es liegt in der Natur der Sache, dass die Pflanzung am besten gelingen wird, wenn Boden und Luft feucht, die Witterung trüb und kühl ist; das Anwachsen der Pflanzen wird ferner gesichert, wenn das Abwelken derselben vermieden, das Auspflanzen also möglichst bald nach dem Ausnehmen vorgenommen wird, wenn die Pflanzen für den Transport in einen Brei von Erde versenkt werden oder als Ballenpflanzen zur Verpflanzung kommen; durch das Abstutzen grösserer Blätter wird die verdunstende Oberfläche der Pflanzen vermindert, hiedurch also eben auch zur Sicherung des Anwachsens beigetragen.

ZWEITES HAUPTSTÜCK.

Die Varietätenbildung und der Samenwechsel.

ERSTER ABSCHNITT.

Die Variabilität der Pflanzenorgane.

Die Mehrzahl der Culturpflanzen gedeiht an irgend einem Orte nur unter dem Schutze des Landwirthes oder des Gärtners; würde sie dieser Beihilfe entbehren, so vermöchten sie sich im Kampfe mit den wildwachsenden Pflanzen nicht zu erhalten und würden ohne Zweifel in nicht zu langer Zeit gänzlich verschwinden; in der Forstcultur ist dies anders, denn hier sind es wildwachsende Holzpflanzen, welche auch dann den Bestand des Waldes bilden würden, wenn sich kein Forstmann ihrer annehmen möchte.

Sowie sich die Nutz- und Hausthiere, welche in die Pflege der Menschen aufgenommen worden sind, in ihrem Aussehen und ihren Eigenschaften so sehr verändert haben, dass wir ihre Zusammengehörigkeit mit den wildlebenden Stammformen nicht mehr erkennen, so gilt dies auch in gleicher Weise von den werthvollsten unserer Culturpflanzen. Ihre Stammeltern scheinen ausgestorben, und wenn sie von Reisenden irgendwo wildwachsend gefunden werden, besteht fast immer der Zweifel, ob sie auch ursprünglich als wildwachsend angesehen werden können, oder ob sie nicht vielmehr als verwilderte Flüchtlinge der Cultur zu betrachten sind.

Wo aber in gewissen Fällen der Zusammenhang und die Zusammengehörigkeit zwischen wildwachsenden und den cultivirten Pflanzenformen ganz zweifellos feststeht, da wird stets eine Vergleichung beider wesentliche und für die Zwecke des Menschen sehr wichtige Unterschiede zwischen beiden Formen feststellen lassen. Die cultivirten Pflanzen haben sich in gewissen Theilen und Eigenschaften geändert und jede Culturpflanze hat eine Umbildung gerade in jenen Theilen und Eigenschaften erfahren, welche sie für den menschlichen Haushalt in höherem Grade werthvoll machen.

Solche Variationen können bei manchen Pflanzen schon in wenigen Jahren zu Stande kommen, wenn sie unter veränderten Bedingungen cultivirt werden; dann ist die Zusammengehörigkeit zwischen der cultivirten und der wildwachsenden Form stets leicht erkannt; oder zu solchen Abänderungen sind sehr lange Zeiträume erforderlich und werden dieselben schliesslich so bedeutend, dass die Abstammung von den vielleicht noch existirenden wildwachsenden Formen ganz unkenntlich wird.

Besonders häufig sind Variationen bei Culturpflanzen, welche entweder schon seit undenklichen Zeiten gepflegt werden, oder aber eine sehr grosse Verbreitung gefunden haben und, unter den verschiedenartigsten Verhältnissen angebaut, sich überall den besonderen Boden- und klimatischen Verhältnissen angepasst haben. Ich brauche hier nur an die grosse Zahl der Spielarten bei unseren Obstbäumen zu erinnern; zahllos sind die Varietäten beim Mais, dem Reis, bei Weizen und Gerste, bei der Kartoffel, dem Tabak, den Kohlgewächsen etc. Ausnahmsweise kommt es aber doch auch vor, dass einzelne Pflanzenarten eine grosse Constanz in ihren hauptsächlichsten Eigenschaften zeigen, dass die einzelnen Spielarten sich nur in ganz unsicheren und unbestimmbaren Merkmalen unterscheiden, welche leicht in einander übergehen und von Jahr zu Jahr durch die äusseren Einflüsse vollständig beherrscht werden; solche Culturpflanzen sind beispielsweise der Roggen und der Hanf, die, unter den verschiedenartigsten Verhältnissen gebaut, dennoch nur sehr geringe, leicht verwischbare Unterscheidungsmerkmale darbieten.

Jede Spielart wird sich nur unter ganz bestimmten Bedingungen constant erhalten, nämlich unter jenen, unter welchen sie entstanden ist. Jede Spielart hat ihren Entstehungsbezirk, und wird sie an anderen Orten verbreitet, so wird sie sich nur dann unverändert zu erhalten vermögen, wenn die Wachsthumsbedingungen der neuen Heimat von denjenigen ihres Entstehungsortes nicht sehr abweichend sind. Je verschiedener aber die äusseren Einflüsse an einem anderen entfernten Orte, wo sie cultivirt werden soll, sind, um so eher werden diese neuen Einflüsse sich geltend machen und es wird eine neue Spielart entstehen, welche möglicherweise von der früheren in vortheilhafter Weise sich unterscheidet oder aber

hinter ihr zurücksteht. In diesem Sinne muss man die gebräuchlichen Ausdrücke: „das Veredeln" und „Degeneriren" auffassen. Das Veredeln ist dahin zu verstehen, dass sich eine Pflanze in der Weise verändert hat, dass sie für uns nützlicher geworden ist; sie kann nahrhafter oder wohlschmeckender, ertragreicher, früher reifend oder widerstandsfähiger gegen Frost und Trockenheit u. s. w. geworden sein; sie kann ein werthvolleres und reichlicheres Rohmaterial für Industrie und Technik liefern. Eine Veredlung im ästhetischen, eine Verbesserung im physiologischen Sinne wird bei der Bildung solcher Varietäten durchaus nicht immer erreicht, obwohl auch diese nicht ausgeschlossen erscheint; vielmehr wird die Erhöhung irgend einer Nutzungseigenschaft bei der Veredlung im weiteren Sinne beabsichtigt.

Wenn durch die Cultur die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber den Angriffen der Schmarotzerpilze, der Wirkung des Frostes oder der Trockenheit erhöht wird, wenn eine Beschleunigung ihrer Entwicklung und eine frühere Reife derselben herbeigeführt wird, dann kann ohneweiters auch von einer Veredlung im physiologischen Sinne gesprochen werden. Bezieht sich aber die Veredlung beispielsweise nur auf die Ausbildung grosser oder zahlreicher Blätter, oder fleischiger, saftiger Wurzeln oder Früchte, bei welcher vielleicht die Samenbildung beeinträchtigt wird oder ganz unterbleibt, dann kann von einer Verbesserung oder Veredlung für die Nutzungszwecke des Menschen die Rede sein, nicht aber von einer ästhetischen oder physiologischen Veredlung, welche letztere immer auch mit den Hauptaufgaben der Pflanze zusammenfällt, dass sie nämlich von der Natur so ausgestattet sei, dass sie den Kampf um's Dasein mit Erfolg zu kämpfen vermöge.

Wenn auf die Abhängigkeit der Pflanzenspielarten von den äusseren Verhältnissen hingewiesen worden ist, so gilt dies nur von jenen Varietäten, welche unter dem Einflusse dieser äusseren Bedingungen: Boden und Bodenlockerung, Düngung und Bewässerung, Wärme- und Regenvertheilung und den mannigfaltigen Pflegemassregeln des Gärtners und Landwirthes entstanden sind, während solche Spielarten, welche in Folge einer sogenannten spontanen Veränderung, eines uns unbekannten inneren Bildungstriebes der Pflanze entstanden

sind, davon nicht berührt werden. Wenn wir beispielsweise Gerste aussäen, so ist es möglich, dass unter den vielen tausend Pflanzen, welche wir ernten, eine einzige vielleicht sich vorfindet, welche ganz schwarze Körner hat oder deren Früchte nackt bleiben, mit den Spelzen nicht verwachsen. Wenn wir von dieser die Körner im nächsten Jahre wieder aussäen würden, könnten wir wahrscheinlich unter hundert geernteten Pflanzen schon mehrere oder selbst viele Procente bekommen, welche dieses Merkmal besitzen, und wenn nun in mehreren oder vielen Generationen, die auf einander folgen, diese Selection immer wieder zur Anwendung käme, so möchte zuletzt eine constante Form entstehen, welche hinsichtlich dieser Eigenschaft durch Düngung, durch Boden, Feuchtigkeitsverhältnisse und Wärme nicht mehr beeinflusst werden könnte, weil ja die Aenderung durch keinen dieser äusseren Factoren herbeigeführt worden ist. Einen gleichfalls von diesen Wachsthumsfactoren unabhängigen Charakter haben jene Eigenschaften, welche durch Verbastardirung und durch Kreuzung entstehen und welche auch unter den verschiedensten Verhältnissen sich constant erhalten, wenn nicht der Einfluss einer neuen Kreuzung sich geltend macht, der freilich bei vielen Pflanzen, die auf Fremdbefruchtung angewiesen sind, fast unmöglich abgehalten werden kann. Den Einflüssen durch solche Fremdbefruchtung werden auch die auf spontane Weise entstandenen Spielarten ausgesetzt sein, vorausgesetzt, dass bei ihrer Cultur nicht solche Massregeln ergriffen werden, welche die Fremdbefruchtung gänzlich ausschliessen.

Zur besseren Verdeutlichung dieser Verhältnisse sei als Beispiel die Sonnenblume *(Helianthus annuus)* angeführt. Vor drei Jahren fand sich unter den vielen Sonnenblumenpflanzen, welche im Versuchsgarten der Hochschule für Bodencultur aufwuchsen, eine einzige Pflanze vor, welche nur eine einzige Achse entwickelte und der alle Seitensprosse fehlten. Sie entwickelte daher selbstverständlich auch nur einen einzigen Blüthenkorb, der grösser wurde, als wenn dieselbe Pflanze viele Köpfe zu ernähren gehabt hätte. Der Vorzug einer solchen einachsigen Pflanze besteht aber nicht nur darin, dass die Früchte grösser und vollkommener werden, sondern dass auch die Reife früher eintritt und dass die Früchte, wenn viele solche einachsige

Pflanzen auf einem Felde beisammen stehen, auch viel gleichzeitiger und früher reifen, was für die Ernte unbedingt ein Vortheil ist. Vor zwei Jahren, als die Körner dieser einachsigen Pflanze ausgelegt worden sind, erzielte man unter den sämmtlichen Pflanzen der zweiten Generation schon einige zwanzig Procente einachsiger; im zweiten Jahre ergab die dritte Aussaat schon einige siebzig Procent solcher einachsiger Pflanzen. Es wurde natürlich die Vorsicht gebraucht, dass alle Sonnenblumenpflanzen, welche sich verzweigten, ausgezogen wurden, damit keine Kreuzung eintrete. Im Inneren der Stadt Wien, wo nur in wenig Hausgärten Sonnenblumen gepflanzt sein mögen, da war von einer anderweitigen Fremdbefruchtung nichts zu befürchten. Anderwärts wäre aber eine Cultur einachsiger Sonnenblumenpflanzen nur möglich, wenn weit und breit verzweigte Sonnenblumenpflanzen nicht zu finden wären, welche Distanzen aber schon einige Meilen betragen müssten, denn wenngleich nicht anzunehmen wäre, dass der durch Winde verwehte Blüthenstaub auf so grosse Entfernungen noch eine Befruchtung herbeiführen könnte, weil seine Vertheilung im weiten Luftraum ja eine ganz ausserordentliche ist, so könnten dagegen doch die Bienen, welche ja sehr weit entlegene Blumenweiden, weit von einander entlegene Saaten besuchen, dabei eine Fremdbefruchtung herbeiführen.

Nun können wir uns auch erklären, wie so es komme, dass Spielarten, welche auf spontane Weise entstanden sind oder ihren Ursprung einer Kreuzung verdanken, in dem Falle constant sich erhalten, wenn ihre Vermehrung auf ungeschlechtlichem Wege, also durch vegetative Organe, Wurzeln, Knollen, Stengel, Knospen, Blätter, Zwiebeln u. s. w., erfolgt. Denn in einem solchen Falle wird die Eigenthümlichkeit der Pflanze, wenn eine Fremdbefruchtung eintritt, nur in den Samen, die wir ernten, verändert, während die vegetativen Organe von diesem Einflusse unberührt bleiben. Benützen wir also die letzteren zur Fortpflanzung, so behalten sie ihre Varietätenmerkmale ganz unverändert bei, sie bleiben constant, während, wenn wir die Samen derselben aussäen, die Sicherheit der Constanz sehr vermindert ist, nachdem ja fast jedesmal die Fremdbefruchtung intervenirt und deshalb aus den ausgesäeten Samen immer wieder Spielarten mit abgeänderten Eigenschaften hervorgehen.

Man macht aber oft auch die Erfahrung, dass die Varietäten-Merkmale auch dann nicht constant bleiben, wenn die Fortpflanzung auf ungeschlechtlichem Wege erfolgte, und möchte dies als ein Widerspruch erscheinen, wenn man nicht erfahrungsgemäss feststellen könnte, dass diese Beobachtungen nur an solchen Charakteren der Spielarten möglich sind, welche, durch äussere Wachsthumsfactoren hervorgerufen, auch durch solche wieder unter verschiedenen Verhältnissen früher oder später abgeändert werden können.

Die Veränderungen, welche bei unseren Culturpflanzen auftreten und ihren Nutzungswerth vielfach abändern und erhöhen, sind sehr mannigfaltige und können sich an allen Pflanzentheilen zeigen.

1. Zunächst an der Wurzel. Diese ist entweder holzig und hat nur die Aufgabe, die Pflanze zu befestigen und zu ernähren, oder sie dient zugleich als Ablagerungsort für Reservestoffe, die ja zugleich Baustoffe sind und zu weiteren Neubildungen dienen. Solche Wurzeln vergrössern ihre Dimensionen ganz ansehnlich in die Länge und Breite, ihr Parenchym entwickelt sich ganz ausserordentlich, ihr Holz- und Basttheil schrumpft auf ein Minimum zusammen. Vielfache Abänderungen entstehen bei solchen Pflanzen bezüglich der Verzweigung der Wurzeln; die Zahl der Seitenwurzeln, die auf bestimmte Stellen beschränkt bleiben, wird eine geringere, dagegen wird dies durch eine beträchtliche Längenentwicklung der spärlicheren Nebenwurzeln wieder ausgeglichen.

2. Am Stamme treten vielfach Veränderungen auf, welche darin bestehen können, dass gewisse Gewebepartien der Stengel eine besonders reichliche Ausbildung erfahren. Es kann diese einseitige Ausbildung bestimmter Gewebepartien das Parenchym, das Bastgewebe oder das Holzgewebe treffen. Solche Stengel nun, deren Parenchym eine ungewöhnliche Mächtigkeit erreicht, verdicken sich beträchtlich, werden fleischig, saftig, und gilt dies insbesondere von den unterirdischen Stämmen, den Knollen und den Zwiebeln. Auch die oberirdischen Stämme können ganz kurz bleiben und fleischig werden, wie wir dies bei vielen Cactusstämmen und in höchst auffallender Weise auch beim Kohlrabi *(Brass. olerac. gongylodes)* sehen. Eine mächtige Entwicklung der Bastbündel tritt bei den Stengeln der so-

genannten Bastpflanzen ein, z. B. bei Hanf und bei Lein; doch ist es noch viel zu wenig versucht worden, durch bestimmte Culturmassregeln, insbesondere eine sorgfältige Selection der zur Vermehrung bestimmter Pflanzen auf eine Verbesserung der cultivirten Spielarten hinzuarbeiten. Ein Beispiel solcher Pflanzen, in welchen das Holzgewebe übermächtig wird, bieten die Holzpflanzen, die der Forstwirth cultivirt; doch hat die Natur hier Alles gethan, und hat man noch kaum versucht, auch durch Culturmassregeln oder durch Selection Einfluss zu nehmen auf die Beschaffenheit des Holzes. Abänderungen am Stamme können aber auch noch im Längenwachsthume eintreten und stehen sich hier Zwerge und Riesen ebensogut bei einer und derselben Pflanzenart gegenüber, wie bei den Menschen; sie können schliesslich auch im Grade der Verzweigung und der sogenannten Bestockung, namentlich in der Entwicklung der Adventivknospen, herbeigeführt werden.

3. Blätter verändern oft in Folge innerer Ursachen, welche im Entwicklungsgesetz des Pflanzen-Individuums liegen, oder zufolge äusserer Einflüsse ihre Grösse, ihre Zahl, Farbe, Behaarung oder Begrannung; ihre fleischige oder lederige Beschaffenheit kann zu- oder abnehmen; je nachdem sich die Internodien mehr oder weniger strecken, werden auch die Blätter wesentlich mitbeeinflusst und kann es kommen, dass sie sich gegenseitig bedecken und beschatten, dass sie in einen Kopf dicht gedrängt zusammenschliessen, wie wir dies beim Kopfsalat, beim Kraut, beim Wirsingkohl u. dgl. sehen. Bald erleiden die Blätter nur insoferne eine Veränderung, als sie grösser werden; es kann aber auch vorkommen, dass die Blätter in Folge der mächtigen Entwicklung des Blattmesophylls eine runzelige, blasige, an den Rändern gewellte oder gekrauste Form annehmen, wie beim Braun- oder Blaukohl, oder bei dem gekrausten Salat, der gekrausten Petersilie u. s. w.

4. Sehr mannigfacher Art sind auch die Veränderungen, welche bei den Blüthen eintreten, doch interessiren solche mehr den Gärtner als den Landwirth. Sie können darin bestehen, dass sich der Kelch blumenblattartig umwandelt, dann scheint eine Blumenkrone in der anderen zu stecken; es können sich die Staubblätter in Blumenkronenblätter umwandeln, dann erscheinen die Blüthen gefüllt; es können Röhrenblüthen in

Zungenblüthen umgewandelt werden, wie dies so häufig bei den einfachen und gefüllten Compositen, z. B. Astern, Georginen, Sonnenblumen u. s. w. vorkommt; es können Staub- oder Fruchtblätter missrathen, so dass die Blüthen geschlechtlos sind und nie Früchte tragen. Inwieferne äussere Einflüsse sich geltend machen können, welche bewirken, dass Blüthen, die bis dahin sich selbst befruchtet haben, allmälig an Fremdbefruchtung gewöhnt werden und umgekehrt, ist noch nicht hinlänglich untersucht; doch dürften hiebei nur sehr langsam wesentliche Aenderungen eintreten. Wichtiger, wie gesagt, als diese Verhältnisse sind für den Landwirth jene Einflüsse, welche auf eine reichlichere oder spärlichere Blüthenbildung hinarbeiten, denn oft ist es ihm hauptsächlich nur um jene oder auch um diese zu thun, wenn er entweder Samengewinn oder den Gewinn der vegetativen Organe beabsichtigt. Wie wichtig solche Verhältnisse werden können, ersieht man daraus, dass unter Umständen unsere Culturpflanzen gar nicht zur Blüthen- oder Samenbildung gelangen, wieder in einem anderen Falle sich nur auf das unentbehrlichste Minimum bezüglich der Ausbildung der vegetativen Organe beschränken und so bald als möglich zur Frucht- und Samenbildung schreiten.

5. An Früchten beziehen sich die Abänderungen hauptsächlich auf Vergrösserung, vermehrte Fleisch- und Saftfülle, auf Färbung und Geschmack, auf grösseren Reichthum nutzbarer Bestandtheile. Manchmal missrathen in den Früchten sogar die Samen, weil das Parenchym eine ganz ungewöhnliche Ausbildung erfahren hat, wie dies bei manchen Aepfel- und Birnensorten, besonders bei Orangen und Rosinen der Fall ist. Bei den Früchten der Getreidearten kann ihr Verhältniss zu den sie umhüllenden Spelzen ein solches sein, dass sie in den letzteren nur locker eingeschlossen oder dass sie mit denselben verwachsen sind. Es kann ferner die Fruchthülle bei trockenen Pericarpien bald geschlossen bleiben, bald aufspringen, was bei dem Anbau derselben durchaus nicht gleichgiltig ist, indem offenbar bei der Ernte aus den leicht aufspringenden Pericarpien ein grosser Theil der Samen durch Ausfall verloren geht. Auch die Dicke der Fruchthülle trockener oder lederiger, steiniger Pericarpien kann sehr verschieden sein, und weil diese Theile keinen Werth besitzen, wird es bei der Auswahl der zu culti-

virenden Sorten solcher Pflanzen sehr darauf ankommen, dass man nicht die dickschaligsten aussucht, z. B. bei Haselnüssen, Wallnüssen, Buchweizen, Sonnenblumen u. s. w.

6. Auch die Samen werden bei vielen Culturpflanzen durch Züchtungs- und Culturmassregeln beeinflusst. Ihre Grösse nimmt in der Regel mit einem grösseren Gehalte an Stärke oder Fett oder stickstoffhaltigen Bestandtheilen zu. Es kann ihr Gehalt an narcotischen Substanzen, an Alcaloiden oder an ätherischen Oelen gesteigert werden. Bei den wichtigsten Nährpflanzen der Getreidearten und den Hülsenfrüchten ist diese Umwandlung und Verbesserung der Samen und Körner in einer weitgehenden Weise erreicht worden, was sie eben dem Menschengeschlechte so äusserst werthvoll macht.

ZWEITER ABSCHNITT.

Die Culturmassregeln zur Erzielung von Varietäten.

Wenn nun die Frage gestellt wird: Welche Mittel hat der Landwirth und der Gärtner, um so vielfältige und höchst wichtige Abänderungen an den Culturpflanzen zu erzielen? so ist hierauf zu bemerken, dass es solcher Mittel sehr mannigfaltige gibt, von welchen entweder nur einzelne oder alle insgesammt in Anwendung gebracht werden, um die erwünschten Erfolge bewusst oder unbewusst zu erzielen.

Wir wollen im Nachstehenden die Verfahren der Landwirthe und Gärtner und die ihnen hiefür zu Gebote stehenden Mittel besprechen.

1. Auflockerung des Bodens.

Als wir im Abschnitte von der Bearbeitung des Bodens auf die grosse Bedeutung der gründlichen Bodenbearbeitung hinwiesen, ist hervorgehoben worden, dass diese Massregel eines der wichtigsten Hilfsmittel sei, welches einen Gegensatz zwischen wildwachsenden und cultivirten Pflanzen möglich mache. Einerseits im festen, nie gelockerten Boden ein spärlicher Wuchs, der nur geringe Ernten gestattet, andererseits im gelockerten Boden die Möglichkeit der Erzielung von Maximal-Erträgen, soweit solche nur irgend durch die Wärme- und Insolationsverhältnisse eines Ortes ermöglicht werden.

Den Boden mit seinen physikalischen Eigenschaften und seinem ganzen Nährstoffvorrath haben wir, wenn wir nur die Kosten nicht scheuen wollen, ganz in unserer Gewalt; dies gilt aber schon nicht mehr für die Wärme- und Insolationsverhältnisse, welche, soweit hier die Cultur auf freiem Felde in Betracht kommt, von unseren Einflüssen vollkommen unabhängig sind. Wenn die Pflanze das, was sie erhält und nährt, zum grössten Theile aus dem Boden und durch die Wurzel empfängt, so werden wir ohneweiters begreifen, von wie grossem Einflusse eine bessere Wurzelentwicklung auf das Gedeihen der ganzen Pflanze sein muss. Es gilt dies sowohl von Seichtwurzlern als in noch höherem Grade von Tiefwurzlern. Am allermeisten aber macht sich der Einfluss einer entsprechenden Bodenlockerung bei der Bildung von fleischigen, saftigen Wurzeln geltend. Die wildwachsenden Formen solcher Pflanzen, wie die Möhre und Runkelrübe, besitzen, weil sie in einem nie gelockerten Boden wachsen, eine Wurzel, welche kaum einen oder einige wenige Centimeter im Durchmesser hat; sie sind holzig, saftlos, arm an nährenden Bestandtheilen, für die Ernährung des Menschen und seiner Nutzthiere vollkommen unbrauchbar. Ganz anders entwickeln sie sich in gelockertem Boden; da kann der Durchmesser der fleischigen Wurzeln oft mehrere Decimeter messen, da erreicht ihr Gewicht nicht selten die enorme Schwere von 10 bis 15 Kilogramm. Eine so beträchtliche Volumenzunahme wird aber natürlich nur im lockeren Boden möglich, wo der Widerstand der Erdmasse kein so bedeutender ist, als dass sie nicht dem Ausdehnungsvermögen der Wurzelmasse weichen müsste. Man weiss ferner aus Erfahrung, dass es z. B. bei der Möhre keiner anderen Culturmassregel, als einer künstlichen Bodenlockerung bedarf, um schon in wenig Jahren die Umwandlung der holzigen Wurzel in eine fleischige zu vollenden. Es gibt keine andere Culturmassregel, welche schon in so kurzer Zeit eine so auffällige Wirkung äussert, als die der ausgiebigen Lockerung im Hinblick auf die Bildung fleischiger Wurzeln.

Was für die fleischigen Wurzeln gilt, das kann auch von den fleischigen Knollen und Zwiebeln gesagt werden. Würden die Kartoffelpflanzen bei uns wildwachsend, wie in manchen Gegenden Südamerika's, in ungelockertem Boden vorkommen,

so würden die Knollen wenig über haselnussgross und kaum geniessbar sein, was eben auch für alle der Zwiebel wegen cultivirten Laucharten gilt. In höherem Grade wie die Wurzeln bedürfen die Knollen bei ihrer Entwicklung des Sauerstoffes; daher kommt es, dass in den tieferen, weniger durchlüfteten und härteren Bodenschichten keine oder nur eine sehr ärmliche Knollenbildung eintritt und ist in diesem Umstande der Hauptgrund der praktischen Regel für das Legen der Saatknollen zu suchen, nach welcher sie vortheilhaft nur bis zu einer Tiefe von 10 Centimeter gelegt zu werden brauchen. Da der Knollenansatz immer in der Nähe der Oberfläche des Bodens statthat, kann man die Knollen selbst nur oberflächlich in den Boden eindrücken, ohne dass deshalb die Knollenernte hinter jener zurückzustehen braucht, die man bei tieferer Unterbringung der Knollen erzielt.

Hier ist auch der Entwicklung der Adventivwurzeln zu gedenken, welche bei manchen Pflanzen aus den unteren Knoten hervortreten, unter günstigen Umständen abwärts wachsen, bis in den Boden gelangen und den Wurzelreichthum der Pflanze, somit deren Production erhöhen helfen. Hier kann die Cultur durch Behäufeln nachhelfen, wobei aber wohl nicht erst ausdrücklich hinzuzufügen ist, dass das Häufeln nicht ausschliesslich dieses Zweckes halber unternommen wird. Eine Erdauffuhr kann vielmehr auch zu anderen Zwecken vorgenommen werden, z. B., dass die Runkel- und Zuckerrüben mit ihren Wurzelköpfen nicht etwa an der Oberfläche des Bodens sichtbar werden und ergrünen, dass bei Kartoffelstauden nicht der gleiche Uebelstand eintrete, oder dass bei manchen Culturpflanzen, bei welchen es auf eine namhafte Entwicklung von Wurzeln und Rhizomen abgesehen ist, die fruchtbare Bodenschicht durch Erdauffuhr verstärkt werde.

2. Zufuhr von Pflanzennahrung.

Auch in dieser Culturmassregel haben wir eine Hauptursache des Contrastes zu erblicken, welcher zwischen verkümmerten Zwergformen und den üppigen Pflanzenformen des fruchtbaren Bodens besteht. Die Lockerung allein thäte es nicht, es muss vielmehr im gelockerten Boden eine gewisse Summe von Nahrung vorhanden sein, welche den Bedarf einer

einfachen Ernte um ein Vielfaches übertrifft. Man kann nicht sagen, dass durch die reichliche Düngung irgend ein Organ der Pflanzen in ausgiebigerer Weise ernährt werde, als ein anderes; denn wenn es gewiss ist, dass in einem reicheren und gut gelockerten Boden die Ausbildung der Wurzeln eine weitaus kräftigere ist, so muss dieser auch eine reichere Entwicklung der Vegetationsorgane entsprechen; hat aber eine Pflanze eine stärkere Hauptachse und mehr Nebenachsen und auf diesen auch zahlreichere Blätter, so wird sie auch mehr organische Substanz produciren, welche vermehrte Bildung auch wieder reichlichere Früchte und Samen entstehen lässt.

Ueber den specifischen Einfluss gewisser Dünger auf die Qualität der Pflanzenproducte sind die bisherigen Beobachtungen beiweitem noch nicht von solcher Exactheit, dass sie ein sicheres Urtheil gestatteten, und gilt dies sowohl von den verschiedenen Arten der organischen wie der anorganischen, von den absoluten wie relativen Düngemitteln.

So rasch sich der Einfluss der stärkeren Düngung in der Entwicklung der Pflanze bemerkbar macht, so rasch ändert sich diese Entwicklung wieder zur normalen, wenn für die nachfolgenden Generationen wieder ein ärmerer Boden verwendet wird. So kommt es vor, dass Gurken, Kürbisse oder Melonen, im Mistbeete oder einem gut abgelegenen und abgefaulten Composthaufen gezogen, Erstaunliches bezüglich der Grösse und des Reichthums ihrer Früchte an saftigem Fruchtfleische leisten und dass, wenn Samen solch' üppiger Früchte im nächsten Jahre abwechselnd in magerem Boden gezogen werden, die geernteten Früchte gar nicht wieder als zu derselben Sorte gehörig, als Riesenkürbiss oder Riesengurke u. s. w. erkannt werden. Bei Roggen kommt es bei lockerem Stande und fruchtbarem Boden nicht selten vor, dass die Aehrchen nicht zweiblüthig wie gewöhnlich werden, sondern dass sich vielmehr in einem Aehrchen vier, fünf, sechs und mehr Blüthchen ausbilden, dass mit einem Worte die Seitenährchen wieder zu Aehren werden, so dass man es mit einer zusammengesetzten Aehre zu thun hat. Säet man aber die Körner solcher Aehren wieder in einem mageren Boden aus, so ist es mit der ganzen Herrlichkeit vorüber und der Roggen ist mit

einem Schlage wieder zum gewöhnlichen Roggen mit zweiblüthigen Aehrchen umgewandelt.

Auf meinen Wanderungen in den Alpen im verflossenen Sommer kam ich über ein Haferfeld, auf dem der Hafer nur 10 bis 20 Centimeter hoch gewachsen war; die Unkräuter, die zwischen diesem kargen Hafer wuchsen: Täschelkraut, Ackersteinsame, Wolfsmilch, Hohlzahn, Leinkraut, Ackersherardie u. a., hatten kaum eine Länge von 1 bis 2 Centimeter erreicht und waren doch vollkommen ausgebildet. Ausser den Keimblättern hatten sie nur zwei bis drei Blüthchen entwickelt und meist nur eine einzige Frucht; diese aber war so gross wie von einer normalen Pflanze und dürfte, wenn sie in fruchtbaren Boden gebaut würde, im heurigen Jahre ohne Zweifel eine stattliche, üppige Unkrautpflanze ergeben.

Nicht zu übergehen ist jene Wirkung starker Düngung und Lockerung des Bodens, welche mit einer üppigeren Entwicklung der Pflanze zugleich regelmässig deren spätere Reife bewirkt, daher sie bei allen Pflanzen, die in einem gegebenen Klima nur schwierig reifen, nicht angewendet werden darf. Es kann z. B. kommen, dass Mais, der auf ungedüngtem Boden reif geworden wäre, auf gedüngtem Boden nicht mehr zur völligen Reife gelangte, oder dass bei anderen Culturpflanzen die Ernte in Folge der stärkeren Düngung und Lockerung um einige Wochen später erfolgt. Frühe Sorten und üppiger Boden schliessen sich deshalb aus. Es kann diese Wirkung der späteren Reife nicht nur gegen das Ende der Vegetationsperiode recht unangenehme Folgen haben; auch bei solchen, die schon mit Anfang des Sommers reifen, kann diese Verzögerung nachtheilig werden. So wird Wintergetreide in trockenen Jahren um so besser daran sein, je früher es reift, während je länger es sich mit seiner Reife in die Trockenperiode hineinzieht, die Qualität der Körner und ihre Menge umsomehr zu wünschen übrig lassen wird. Bei Weizen wird noch ein anderer Umstand von Bedeutung; der Rost tritt in der Regel erst Ende Mai oder Anfangs Juni auf; je weiter der Weizen in seiner Entwicklung vorgeschritten ist, um so geringeren Eintrag erleidet er durch den Rost; je mehr er sich verspätet hat, um so grösser ist die Einbusse, die er durch den Rost erfährt.

Eine gleiche Bedeutung, wie das Düngen, hat zum Theil auch das Mischen verschiedener Bodenarten, von Sand und Compost, von Moor- und Torferde, von Lauberde, Baummoder, mit gewöhnlicher Acker- und Gartenerde. Es wird von dieser Massregel in der Landwirthschaft in der Regel kein Gebrauch gemacht, wogegen dieselbe bei den Topfculturen der Gärtner eine der allergewöhnlichsten Massregeln ist. Dabei steht den Gärtnern hauptsächlich nur die Empirie, die eigene und die Erfahrung Anderer zu Diensten und würden sie es kaum zu begründen vermögen, dass für gewisse Zwecke nur die Lauberde aus dem Walde, für andere Zwecke die schwarze Rasenerde oder der Baummoder der Eichen, Buchen oder der Weiden verwendet wird.

Auch der Bewässerung wird hier eine ähnliche Bedeutung zuzuschreiben sein, wie der Düngung; sie verzögert die Vegetation und wirkt auf die Entstehung später reifender Spielarten in unverkennbarer Weise ein. Die Bewässerung wird die Entwicklung der Stengel und Blätter vorherrschend begünstigen, die der Blüthen dagegen beeinträchtigen; doch gilt dies nur für den Fall, wenn das Wasser in solchem Uebermasse angewendet werden sollte, wie dies bei den Bewässerungswiesen üblich ist. Wo dagegen der Boden durch die Bewässerung blos mässig frisch erhalten wird, da wird diese das Wachsthum verzögernde Wirkung in kaum bemerkbarer Weise auftreten. Eine Unterbrechung im Wachsthume durch abwechselnde Trockenheitsperioden ist übrigens der rascheren Entwicklung auch nicht günstig; günstiger wirkt jedenfalls auf den früheren Eintritt der Reife ein solcher Feuchtigkeitszustand, welcher dem Minimum näher gelegen ist als ein solcher, der dem Maximum näher liegt.

3. Bestimmung des Wachsraumes.

Einen sehr grossen Einfluss auf die Entwicklung der Pflanzen hat ihr dichterer oder lockerer Stand, daher es eine der Hauptsorgen des Pflanzenbauers sein muss, den Stand der Pflanzen in geeigneter Weise zu reguliren. Das ist ja eben auch ein Hauptvortheil der Culturpflanzen, welchen sie den wildwachsenden gegenüber voraus haben, dass, während die letzteren im dichten Gedränge sich gegenseitig eine oft ver-

derbliche Concurrenz bereiten, den Culturpflanzen dieser Kampf um's Dasein erspart wird. Dies ist aber nur dann der Fall, wenn durch eine entsprechende Saat jede Pflanze einen hinreichenden, genau bemessenen Raum zugewiesen erhält. Dies kann erreicht werden durch Regulirung des Saatquantums, durch Vereinzeln, durch das Verziehen und Verdünnen der aufgelaufenen Pflanzen, durch das Auspflanzen in entsprechenden Entfernungen. Unter solchen Umständen hat jede Pflanze genügenden Spielraum im Boden für die Entwicklung der Wurzeln. Die oberirdischen Theile, obwohl sie den Boden ganz bedecken, beeinträchtigen sich nicht durch gegenseitige Beschattung; die Lüftung und Beleuchtung ist eine für die Blüthen- und Fruchtbildung genügende. Ganz anders wirkt ein zu dichter Stand. Die dichte Beschattung bewirkt vielfach ein Etiolement, eine abnorme Verlängerung der Stengel, die, weil sie nicht gehörig verholzen können, zur Lagerung geneigt sind, wobei die früheren Uebelstände sich noch in viel höherem Grade wiederholen. Von einem normalen Blüthenansatze ist unter solchen Verhältnissen nicht die Rede, noch weniger von einer gleichmässigen Reife. Am günstigsten sind bei so dichtem Stande noch die Gräser daran, welche ihre Blüthenstände auch bei dem dichtesten Stande doch insgesammt an der Spitze, also in guter Beleuchtung entwickeln, während jene Pflanzen viel übler daran sind, bei welchen die Blüthen unter den Blattachseln versteckt und beschattet sind. Deshalb ist auch ein zu dichter Stand nicht bei allen Culturen gleich nachtheilig.

Was von krautartigen Gewächsen gilt, das kann auch von allen holzartigen Gewächsen behauptet werden, obwohl hier ein Unterschied zwischen Waldbäumen und Obstbäumen gemacht werden muss. Die ersteren vertragen zum Theil viel stärkere Beschattung, die letzteren sind weit lichtbedürftiger; die ersteren kommen deshalb auch in einem weit späteren Alter zur Blüthenbildung, während die letzteren schon als ganz junge Bäumchen Früchte tragen können.

Durch dichten Stand wird bei den krautigen wie bei den holzartigen Gewächsen die Tendenz zum Höhenwachsthum hervorgerufen. Nachdem nur die Terminalknospen der ausgiebigen Lichtwirkung ausgesetzt sind, während die Seitenknospen von allen Seiten beschattet werden, können sich nur die ersteren

vorherrschend entwickeln, was ein überwiegendes Längenwachsthum zur Folge hat. In der Landwirthschaftspraxis wird von diesem künstlich angeregten Längenwachsthum nur bei den Gespinnstpflanzen Gebrauch gemacht, weil man ja gerade bei diesen Pflanzen auf die Gewinnung langer und feiner Bastzellen den grössten Werth legt, selbe auch um so werthvoller sind, in je geringerem Grade ihre Verholzung erfolgte, je biegsamer, zäher, elastischer, je weniger brüchig sie sind.

Sonst wird noch von dieser Culturmassregel Gebrauch gemacht, wenn man feine und dünne Stengel erhalten will, z. B. beim Weizenbau, wenn Weizen nicht zur Körnergewinnung, sondern zur Gewinnung eines feinen Flechtmateriales für Strohhüte gebaut wird. Der Forstwirth und der Gärtner pflanzen gleichfalls ihre Bäumchen nicht selten in grösserem Gedränge, damit sie schlanker emporwachsen und einen schönen, geraden Stamm erhalten. Durch den lockeren oder dichten Stand der Pflanzen wird aber nicht nur das Wachsthum der Hauptachsen, sondern auch das der Nebenachsen beeinflusst. Manche Pflanzen haben eine grosse Neigung, Seitensprosse zu bilden, anderen fehlt diese Fähigkeit fast gänzlich. Sie kann erwünscht, ebenso oft aber auch unerwünscht sein.

Bei den Getreidearten entwickeln sich diese Seitenachsen immer nur an der Basis des Haupthalmes; nur sehr ausnahmsweise entspringen sie aus den oberen Halmknoten, z. B. beim Mais, bei welchem die an den oberen Knoten entspringenden Seitenhalme die Kolben tragen. Bei Weizen, Roggen, Gerste, Hafer entspringen die Seitenhalme gewöhnlich nur an den untersten Knoten und dürfte es selten vorkommen, dass nicht wenigstens zwei Sprosse, ein secundärer und ein tertiärer Spross, zur Ausbildung gelangen. Wenn aber die Bestockung eine stärkere wird, so können auch aus dem zweiten Knoten solche Sprosse hervortreten und diese können unter günstigen Umständen sich wieder so wie der Hauptspross verhalten. Daher darf es nicht Wunder nehmen, dass unter günstigen Umständen eine sehr reiche Bestockung eintritt und dass eine einzige Pflanze hundert und mehr Halme entwickeln kann, welche seinerzeit ebenso viele Aehren bilden können.

Die wichtigste Bedingung einer solchen Bestockung ist das Licht; wenn man Getreidepflanzen vorzugsweise in zer-

streutem oder diffusem Lichte, im Schatten der Bäume zum Beispiel wachsen lässt, kann man an denselben keine solche seitliche Sprossenbildung wahrnehmen. Die Ursache liegt darin, dass zur Bildung der Seitensprosse hinreichendes Bildungsmaterial nothwendig ist. Der Nährstoffvorrath im Samenkorn reicht eben nur aus, um den Haupthalm zu entwickeln, und muss erst unter Lichteinwirkung neue organische Substanz producirt werden, um die Neubildung von Seitensprossen zu ermöglichen.

Nach alledem muss eine stärkere Bestockung offenbar durch einen lichten Stand befördert werden, doch wirkt hiebei auch andauernd feuchte und kühle Witterung in entscheidender Weise mit. Folgt solche nach der Aussaat im Herbste oder im Frühjahr, so kann selbst bei einem durchschnittlich schütteren Anbau eine so starke Bestockung nachfolgen, dass die Saat vergeilt und ernstlich in Gefahr kommt.

Bei beabsichtigtem Körnergewinne ist überhaupt eine zu starke Bestockung nicht erwünscht. Einmal deshalb, weil ja die Sprosse dritter, vierter und höherer Ordnung nicht gleichzeitig sich entwickeln, sondern hintereinander in längeren Zeitabständen, wobei die Blüthe- und Reifezeit der ersten und letzten Achsen oft um 8 bis 14 Tage auseinanderliegt; dann aber auch aus dem Grunde, weil auch die Qualität der geernteten Körner bei stark bestockten Saaten zu wünschen übrig lässt, denn die grössten und schwersten Körner besitzen die primären Achsen, geringer sind jene der zweiten, dritten Achsen und so fort abnehmend, bis schliesslich jene der spätesten Achsen die geringsten sind und oft gar nicht mehr ordentlich zur Reife gelangen. Aus diesem Grunde muss offenbar die mittlere Qualität der Körner reich bestockter Pflanzen eine geringere sein, als bei solchen Pflanzen, welche nur eine geringe Zahl von Sprossen entwickelten. Wäre es möglich, dass man von jeder Pflanze nur den Blüthenstand der Hauptachse beliesse, so würden sich ohne Zweifel die vollkommensten Körner erzielen lassen.

Die Abhängigkeit des lockeren und dichten Standes auf die Zahl der Aehren, welche eine Getreidepflanze entwickelt, ersieht man aus einem Versuche, der im Jahre 1877 im Versuchsgarten der Hochschule für Bodencultur mit Wintergetreide gemacht wurde, wobei die Aussaat am 29. September 1876

erfolgte und die Dichte der Saat derart regulirt wurde, dass auf je ein Korn ein Wachsraum von 25, 100, 225 und 400 Quadrat-Centimeter entfiel.

		Zahl der Sprosse pro Pflanze		
		Winterweizen	Winterroggen	Wintergerste
Bei	25 Qu.-Centimeter	1·9	3·2	1·7
„	100 „	8·4	6·4	5·07
„	225 „	14·8	12·1	13·3
„	400 „	14·2	8·8	—

Hagedorn in Proskau machte einen ähnlichen Versuch mit Sommerweizen.

	Abstand der Körner in Centimeter	Zahl der Sprosse pro Pflanze
I	5	7
II	10	11
III	15	11
IV	20	13
V	25	16

Am 7. Juli blühten bei I alle, bei II die Hälfte der Aehren, bei III ein Viertel der Aehren, bei IV einzelne, bei V gar keine. Die Reife erfolgte bei I und II am 15. August; nur zum Theil reif waren III und IV und erst im Reifen begriffen V.

Der Procentsatz der Halme nach ihrer Stärke betrug:

	Starke	Mittlere	Schwache
Bei I	66	32	2
„ II	60	40	—
„ III	48	44	8
„ V	40	54	9

Aber nicht allein die Dichte der Aussaat, die Fruchtbarkeit und das Mass der Bodenfeuchte, der langandauernde feuchte und kühle Herbst oder ein solches Frühjahr wird auf die Bestockung Einfluss nehmen, sondern solche wird auch bedingt durch die Natur der Spielart. Es gibt Spielarten bei allen Getreidearten, die sich sehr reichlich bestocken, wieder andere, die dies in sehr geringem Grade thun. Bei Wintergetreide ist die Bestockung in der Regel eine stärkere als bei Sommergetreide; aber auch bei ersterem kann es solche geben oder können durch Selection solche gewonnen werden, welche ein- oder wenigachsig bleiben. Solche würden fast unter allen Umständen den Vorzug verdienen, und zwar fast aus jedem Gesichtspunkte.

Es kann bei Getreide auch eine Bestockung zur unrechten Zeit eintreten, was übrigens eine Unterbrechung des Wachsthums der Hauptachsen durch einen störenden Eingriff voraus-

setzt. Wenn beispielsweise Getreide zum Schossen gelangt und die verlängerten Sprosse durch Frost getödtet werden; wenn grosse Trockenheit sie in ihrem Wachsthum hemmt und hierauf wieder ausgiebige Regen folgen; wenn die Hauptsprosse durch Insectenfrass zerstört werden, da kann es kommen, dass neuerdings die Bestockung beginnt und dadurch die so unerwünschte Zweiwüchsigkeit des Getreides zu Stande kommt, welche übrigens bei gewissen Getreide-Spielarten häufiger als bei anderen beobachtet wird. Die Folge ist ein sehr ungleichzeitiges Blühen und Reifen, erschwerte Ernte und ein sehr ungleiches und geringes Product.

Während bei den Getreidearten ein höherer Grad der Bestockungsfähigkeit nur mit Unrecht als eine gute Eigenschaft derselben angesehen wird, wird sie bei allen Futterpflanzen, ob solche nun einjährige oder ausdauernde sind, sich nur vortheilhaft erweisen; denn bei diesen beabsichtigen wir nur einen möglichst reichlichen Stengel- und Blättergewinn, Beides aber steht im geraden Verhältnisse zur Zahl der Stengel, welche mit ihren Nebenachsen auf einer bestimmten Fläche sich befinden. Es ist wohl zu beachten, dass bei perennirenden Pflanzen, mögen sie auf dem natürlichen Grasland oder auf den Futterfeldern vegetiren, die Bestockung immer aus dem unteren Theile der Stoppeln vor sich geht, dass hiebei Adventivknospen interveniren, welche sich nicht gebildet haben würden, wenn nicht ein Abmähen der nicht zur Reife gelangten Halme und Stengel vorausgegangen wäre. Wollte man diese Futterpflanzen erst zur Zeit ihrer Fruchtreife mähen, so wäre nicht nur der Werth des Futters, da man Stroh ernten würde, ein geringerer, sondern man erführe auch den Nachtheil, dass die verholzten, trockenen Stoppeln ihre Reproductionskraft ganz oder grösstentheils eingebüsst hätten. Deshalb ist es beim Mähen der Wiesen, des Rothklees, der Luzerne und der Esparsette Regel, mit demselben nicht zu lange zu zögern. Wo ein dichter Rasenteppich erzielt werden will, da darf man nicht einmal das Schossen abwarten und muss im Laufe des Vegetationsjahres alle Monate und noch öfter den Schnitt besorgen. Auch bei den Kleearten sollte bis zum Mähen nicht erst die volle Blüthezeit abgewartet werden; wird Samenernte bezweckt, so ist in der Regel auch die Zeit des Umbruches herbeigekommen.

Diese Ausschlagfähigkeit mehrjähriger Futterpflanzen, die schon vielmal abgemäht worden sind, wird auch erhöht, wenn der Boden durch Bewässerung feucht erhalten werden kann, und wenn für eine angemessene Düngung Sorge getragen wird. Sehr günstig wirkt Compostdünger, der die aus dem Boden hervorstehenden Stoppeln und Stöcke etwas bedeckt; wirksam zeigt sich das Aufeggen der zwischen den Stoppeln über Winter hart gewordenen oberen Bodenschicht, wobei die Wurzelstöcke wieder mit frischer feuchter Erde bedeckt und auch durch eine theilweise Verletzung zu neuer Knospenbildung angeregt werden. Hat man hierauf Compost gestreut und überwalzt, so sind alle Bedingungen für einen kräftigen Ausschlag auf's beste erfüllt. Bemerkt muss aber werden, dass der letzte Schnitt im Herbste nicht zu spät erfolgen solle, damit noch im Herbste die Anlage von neuen Adventivknospen erfolgen könne, worauf der Antrieb im Frühjahr in der Regel frühzeitiger als bei spätem Herbstschnitt erfolgen wird.

4. Das Beschneiden oder Verstümmeln.

Es kann eine sehr verschiedene Absicht zu Grunde liegen, wenn der Gärtner oder Landwirth von dieser Massregel den vielseitigsten Gebrauch macht, weshalb wir ausführlicher auf dieses Thema zu sprechen kommen müssen.

Das Beschneiden kann bei krautartigen sowohl wie bei holzartigen Gewächsen in Anwendung kommen, sowohl an Wurzeln wie an oberirdischen Pflanzentheilen.

Das Beschneiden der Wurzel kommt fast ausschliesslich nur dann vor, wenn es sich um das Versetzen oder Verpflanzen von jungen Pflanzen handelt. Es kann vorkommen, dass, wenn junge Pflanzen zum Versetzen ausgehoben werden, ein Theil der Wurzeln zerissen, gequetscht, beschädigt wird. Solche verletzte Theile der Wurzeln müssen entfernt werden, weil sie sonst in Fäulniss und Zersetzung übergehen können, welcher Process sich auch auf den noch gesunden Theil der Wurzeln verbreiten kann. Oder es kommt vor, dass die ausgehobenen Pflanzen nicht alsogleich zur Verpflanzung kommen, sondern dass sie längere Zeit an der Luft liegen bleiben, wobei die feineren Wurzelverzweigungen abwelken und halb oder ganz vertrocknen. Auch in diesem Falle ist die Entfernung solcher

abgestorbener Wurzeln angezeigt, weil erfahrungsgemäss Adventivwurzeln in der Nähe der abgeschnittenen Wurzel-Enden viel häufiger hervorbrechen, als wenn kein Beschneiden und Verkürzen derselben stattgefunden hätte. Oder man wünscht beim Verpflanzen holzartiger Gewächse, insbesondere der Obstbäumchen, dass weniger die in die Tiefe wachsende Pfahlwurzel, als dass vielmehr die Seitenwurzeln zur Ausbildung gelangen, wobei man zur Erreichung dieser Absicht die Pfahlwurzel der Setzpflanze mehr weniger einkürzt. Es kann schliesslich ein Zurückschneiden der Wurzeln auch zu dem Zwecke vorgenommen werden, um bei fleischigen Wurzeln, wie z. B. beim Sellerie, durch Entfernung der Seitenwurzeln, welche glatt an der dickeren Hauptwurzel weggeschnitten werden, das Wachsthum der letzteren zu befördern. Es kann eine solche Arbeit bei Gartenculturen vorgenommen werden, bei Feldculturen würde dieselbe einen viel zu grossen Aufwand beanspruchen.

Weit häufiger als bei Wurzeln wird ein Beschneiden der Stengel und Blätter vorgenommen.

Eine hier zu erwähnende Operation ist z. B. das Serben oder Schröpfen, welches bei Getreide vorgenommen wird, wenn es im Herbste oder häufiger noch im späten Frühjahr in Folge zu dichter Saat und ausnehmend günstiger Witterung einen dichten Stand erreicht hat und ernstliche Befürchtungen wegen einer künftigen Lagerung erweckt. Da wird dann mit der Sichel oder wohl auch mit der Sense das im Schossen begriffene Getreide abgeschnitten und abgemäht, ohne dass indessen die Absicht, welche der Operation zu Grunde liegt, wirklich erreicht würde. Denn es soll erreicht werden, dass eine geringe Zahl von Halmen zum Schossen gelangt und dass die Saat später sich deshalb weniger stark beschatte. Nun ist dabei vor Allem zu bemerken, dass von all' den Halmen, die im noch kurzen Zustande abgeschnitten worden sind, keiner so tief abgeschnitten wurde, dass auch der Vegetationskegel desselben entfernt worden wäre, und dass deshalb die Zahl der gebildeten Halme keineswegs vermindert worden ist. Man hat nur einen Theil des in den weggeschnittenen Blättern aufgespeicherten Bildungsmateriales entfernt, und in Folge des Zurückschneidens eine noch weitergehende Bestockung angeregt, sonach das Uebel insoferne vergrössert, als später bei

günstiger Witterung noch mehr Halme zum Vorschein kommen werden, welche allerdings schwächlicher bleiben. Entschieden besser wäre in solchem Falle die Leistung einer schweren Egge oder eines Exstirpators gewesen, die mit ihren Zähnen und Schaarfüssen eine Anzahl der Pflanzen aus dem Boden gerissen und zerstört hätten.

Es kommt bei perennirenden Pflanzen vor, dass aus dem überwinterten Wurzelstock eine grössere Zahl von Sprossen hervorwächst, als der Stock angemessen auszubilden vermag; da kommt es dann häufig zur Wegnahme der überschüssigen und schwächlicheren Triebe. Es ist dies Verfahren bei der Cultur der Weinreben ein allgemein angewendetes; man belässt jährlich die stärksten Triebe oder Reben oder Zapfen am Stocke und entfernt sorgfältig alle übrigen. Im Grunde genommen wiederholt sich dasselbe beim Anschneiden der Baumkronen; indem man bei Obstbäumen die im Schatten der äusseren, im Innern der Krone befindlichen Aeste entfernt, sorgt man für eine reichlichere Ernährung aller übriggebliebenen, welche dann in reichlichem Masse Blüthenknospen und in dem Jahr darauf auch mehr Früchte zu entwickeln vermögen. Auch die Hopfenstöcke werden alljährlich in ähnlicher Weise behandelt. Entweder im Herbste oder im Frühjahr werden die im Boden befindlichen Wurzelstöcke der einzelnen Hopfenpflanzen aufgedeckt, worauf alle aus denselben hervorwachsenden Triebe bis auf einige wenige der kräftigsten weggeschnitten werden.

Es wäre nicht ohne günstige Wirkung, wenn ein solches Verfahren auch bei stark bestocktem Getreide, bei Mais, bei Moorhirse zur Anwendung kommen könnte; allein bei Getreidearten kostete die Arbeit unbedingt zu viel, dagegen stünde in vielen Fällen die Durchführbarkeit der Massregel bei Mais ausser Zweifel.

Eine andere hieher gehörige Operation ist das sogenannte Ausgeizen und das Abkneipen oder Abzwicken der Gipfel. Es geschieht deshalb, damit nicht eine zu grosse Zahl von Nebenachsen dem Hauptstamme und seiner Inflorescenz eine zu grosse Menge von Bildungsmaterial entziehe, und damit eine bessere Insolation der Saat und eine bessere Lüftung möglich werde. Ganz allgemein wird dieses Ausgeizen sowie das Ent-

gipfeln bei den Weinreben vorgenommen; das Ausgeizen ist beim Hopfen üblich, das Entgipfeln kommt bei demselben seltener in Anwendung; bei Tabakpflanzen ist beides gebräuchlich, damit die übrig gelassenen Blätter sich um so besser ausbilden. Bei dem Mais ist das Entgipfeln ganz gewöhnlich; seltener und physiologisch widersinnig ist das Entfernen aller Blätter beim Mais, wenn er sich seiner Reife nähert, denn nicht nur leidet dabei die vollständige Ausbildung der Körner, auch die Austrocknung der Pflanze, mit welcher die Reife gleichen Schritt hält, wird hiedurch verzögert, weil man hiebei den Verdunstungs-Apparat der Pflanze entfernt; auch haben vergleichende Versuche direct nachgewiesen, dass bei Maispflanzen, von welchen die eine Hälfte ihre Blätter behalten hatte, die andere ihrer Blätter beraubt wurde, der Vortheil auf Seite der ersteren war, sowohl bezüglich der Qualität der geernteten Körner, wie auch bezüglich des Trockenheitsgrades, der einen Massstab für den Grad der Reife abgeben kann. Für Gurken, Melonen, Erbsen, Fisolen etc. gilt Aehnliches.

Noch gehört hieher die Entfernung des Uebermasses oder aller Blüthen bei jungen Obstbäumchen, bei welchen es nicht darauf ankommt, dass sie reichliche Früchte tragen, sondern dass sie ihre vegetativen Organe gehörig ausbilden; es gehört hieher die Wegnahme der Blüthen bei Kartoffelpflanzen, damit die Knollen eine bessere Ausbildung und grösseren Zuwachs erfahren; das Wegschneiden der spät zur Blüthe kommenden Köpfe der Sonnenblume, der zu grossen Zahl der Blüthenköpfe bei der Weberkarde u. s. w.

Schliesslich ist auch noch des Einschneidens der Rinde an den Stämmen und den Zweigen unserer Obstbäume zu gedenken. Es können Längsschnitte gemacht werden, um das unregelmässige Zerreissen und Aufspringen der Rinde zu verhüten, oder die Einschnitte können quer gemacht werden; solche Einschnitte ziehen sich entweder in Form einer engen Spirale mit einigen Windungen um den Zweig oder die Weinreben, oder es wird die Rinde ringförmig bis auf 5 Millimeter Breite abgelöst. Der Zweck einer solchen Ringelung besteht in einer Verlangsamung der Bewegung des abwärtssteigenden Saftes und einer besseren Ernährung des oberhalb des Ringes gelegenen Aststückes, damit sich mehr Blüthenknospen und Blüthen nebst Früchten ausbilden.

Derselbe Zweck wird erreicht, indem man die einjährigen Zweige knickt, wodurch sich, wenn die Verletzung schon im Hochsommer erfolgt, in dem unteren, besser ernährten Theile des jungen Triebes mehr Blüthenknospen ansetzen; oder es wird das Knicken am Stamm und an den Stielen der Blüthenköpfchen zur Beschleunigung der Reife bei Mais, bei der Sonnenblume, der Weberkarde und bei Mohn vorgenommen.

DRITTER ABSCHNITT.

Die künstliche Zuchtwahl.

Eines der wirksamsten Mittel zur Hervorbringung neuer und nützlicher Varietäten ist das Ausfindigmachen und das Benützen spontaner Bildungsabweichungen, welche sich an jedem Pflanzentheile ganz unerwartet und zufällig ergeben können. Sie sind von inneren uns unbekannten Ursachen bedingt und strafen das Sprichwort Lügen, dass es in der Natur keine Sprünge gäbe. Wenn wir unter einer grossen Anzahl von Pflanzen, die wir aus irgend einer Samenart aufgezogen haben, beispielsweise eine einzige oder einige wenige Individuen antreffen, welche nicht gleichförmig grün gefärbte, sondern weiss oder geblich gefleckte oder gestreifte (panachirte) Blätter besitzen, so ist diese Variation auf spontane Weise entstanden, und dieselbe bleibt auch dann noch erhalten, wenn wir diese Pflanze in einen ganz anderen Boden verpflanzen und unter gänzlich verschiedene Verhältnisse bringen würden. Oder wäre unter einer grossen Anzahl von Pflanzen mit glatten Blättern eine solche mit gekrausten gefalteten Blättern vorgekommen, wäre unter Pflanzen mit durchaus gestreckten Stengeln eine mit kurz bleibendem Stengel oder Halm aufgetreten, oder aber würde in den Blattachseln eine reichliche Wucherung fleischiger Knospen auftreten oder bezüglich der Form und Färbung der Blätter, Blüthen oder Früchte eine wesentliche Veränderung plötzlich sich einstellen: dann hätte man es mit einer spontanen Variation zu thun und nur die Frage in Erwägung zu ziehen, ob dieselbe, im Falle sie bei der nachfolgenden Fortpflanzung sich constant erweisen würde, gewisse Vortheile bieten möchte im Vergleich zu den anderen Spielarten, aus

welchen sie hervorgegangen ist. Es kommt hier nur darauf an, dass der Landwirth und Gärtner fleissig beobachte und auch für die feineren, weniger in die Augen fallenden Variationen seinen Blick schärfe. Die Entscheidung darüber, ob man es in einem gegebenen Falle mit einer spontanen Variation oder mit einer Abänderung zu thun habe, welche durch äussere Einflüsse herbeigeführt wurde, wird immer leicht und sicher gemacht werden können. Denn bei der spontanen Variation weicht immer nur ein einziges oder einige wenige Individuen unter vielen hunderten oder tausenden, die unter ganz gleichen Verhältnissen sich befinden, in gewissen Merkmalen ab, während in dem Falle, wenn der Boden oder die Düngung, wenn die Feuchtigkeit und Wärme einen Einfluss auf eine Abweichung in der Bildung irgend eines Pflanzentheils genommen haben sollten, alle Pflanzen fast ganz gleichmässig dieser Veränderung unterworfen sind.

Die Gärtner haben sich die spontanen Abänderungen weit häufiger zu Nutze gemacht als die Landwirthe, weil der Gärtner seinen Blick auf die einzelnen Pflanzen richtet, während der Landwirth seine Aufmerksamkeit in der Regel nur dem ganzen Saatenstande zuwendet. Der Landwirth überblickt z. B. ein Weizenfeld wohl als Bestand, er beachtet aber wenig die einzelnen Weizenpflanzen. Es ist dies gewiss ein grosser Fehler und eine Unterlassung, welche gerade das wichtigste Hilfsmittel beiseite lässt, um in den Besitz werthvoller neuer Spielarten zu gelangen. Es wäre also den Landwirthen der Rath zu ertheilen, dass sie, wenn sie von irgend einer Culturpflanze neue spontane Variationen ausfindig machen wollten, zu verschiedenen Zeiten ausgedehnte mit solchen Pflanzen bestellte Flächen absuchten, um etwa solche Individuen zu bezeichnen, welche durch ungewöhnlich starke oder schwache Bestockung, kürzere oder längere Internodien, steif aufrechten kürzeren oder längeren Wuchs, zahlreiche breite oder spärliche schmale Blätter, durch starke rostfreie starre Halme, weiche oder harte Spelzen, durch ungewöhnlich frühe Reife, durch das Aufspringen oder Nichtaufspringen der Früchte etc. sich in irgend einer Weise auffällig bemerkbar machen. Würden solche Individuen zur Fortzucht verwendet, so wird bei der nachfolgenden Generation schon eine grössere Zahl von Pflanzen

diese gleichen Eigenschaften zeigen, und wird das Verfahren mehrere bis viele Jahre wiederholt, so wird endlich eine Varietät von einer gewissen Constanz erzielt werden. Ohne Zweifel mögen die meisten der gegenwärtig vorkommenden Getreidespielarten in dieser Weise aufgefunden und fixirt worden sein, doch sind die Namen Derjenigen, welche sich hiebei verdient gemacht haben, längst in Vergessenheit gerathen.

Namentlich in England beschäftigen sich die Landwirthe mehr als auf dem Continente mit der Gewinnung neuer Getreide-Varietäten und hat sich besonders Hallet in dieser Richtung viel bemüht.

Hallet's Verfahren, das nur ein einseitiges Selectionsverfahren ist, besteht in Folgendem:

Er säet sehr zeitig, sehr flach und sehr schütter, etwa nur zehn Körner pro Quadratmeter, worauf er dann von der schönsten Pflanze nur die grösste Aehre und aus dieser das grösste Korn benützt. Er stützt sich hiebei auf folgende Sätze:

1. Jede voll entwickelte Pflanze, sei es Weizen, Gerste oder Hafer, zeigt eine Aehre, welche eine höhere Productionskraft besitzt, als alle übrigen an derselben Pflanze.

2. Jede solche Pflanze enthält ein Korn, welches sich productiver erweist, als jedes andere von derselben Pflanze.

3. Das beste Korn von einer Pflanze befindet sich in der besten Aehre derselben Pflanze. (Ob experimentell erwiesen, ist nicht bekannt.)

4. Die höhere Kraft des Kornes ist in verschiedenem Grade auf seine Nachkommen übertragbar.

5. Durch wiederholte sorgfältige Auswahl wird die Superiorität verstärkt.

6. Die anfangs rasche Verbesserung verlangsamt sich nach und nach und bleibt endlich nach einer langen Reihe von Jahren stehen, so dass, praktisch genommen, eine Grenze der Verbesserung in der gewünschten Qualität erreicht ist.

7. Fährt man mit der Auswahl immer noch fort, so wird die Verbesserung aufrecht erhalten, und es bildet sich eine Constanz des Typus heraus.

Es darf nicht Wunder nehmen, dass es Hallet in dieser Weise gelungen ist, verschiedene Weizensorten zu verbessern,

wie dies der gute Ruf seines sogenannten genealogischen Weizens beweist. So brachte er die Zahl der Körner in einer Aehre

bei Original-Readweizen von . . 79 auf 123 in 3 Jahren
„ Victoria-Weizen von . . . 60 „ 113 „ 6 „
„ Hunter's Weizen von . . . 90 „ 124 „ 6 „
„ Golden Drop Weizen von . 39 „ 96 „ 7 „ u. s. w.

Sonach erzeugt Hallet keine neuen Spielarten, er sucht blos die vorhandenen durch sorgfältige Cultur zu verbessern; er wirkt durch schütteren Anbau, frühe Saat, gute Bearbeitung des Bodens und kräftige Düngung, durch sorgfältige Auswahl der Samen, wobei aber nicht verschwiegen werden kann, dass alle diese Erfolge alsobald in Frage gestellt sind, sobald die entgegengesetzten äusseren Verhältnisse, also späte und dichte Saat, magerer armer Boden Einfluss nehmen sollten; da kann schon in einem Jahre der Rückschlag ein so grosser sein, dass man nach zehnjähriger Verbesserung gerade dort wieder angelangt ist, wo man vor dieser Zeit begonnen hat.

Ein ähnliches Verfahren befolgte auch Martiny, um durch Zuchtwahl eine ertragreichere Roggenvarietät zu gewinnen. Bekanntlich kommt es auf fruchtbarem Boden häufig vor, dass sich das dritte mittlere Blüthchen in dem Roggenährchen, welches meist nur rudimentär oder gar nicht vorhanden ist, völlig entwickelt und selbst ein Korn produciren kann. Martiny suchte nun Körner solcher Aehren mit entwickelter dritter Blüthe aus und baute diese weiter an, worauf er nach mehreren Jahren allmälig einen höheren Procentsatz an Aehren mit drei und selbst vierblüthigen Aehrchen erhielt. Wir wissen aber aus Beobachtungen, die im Versuchsgarten der Hochschule für Bodencultur gemacht worden sind, dass diese Eigenschaft des Roggens, längere Aehrchen mit reichblüthigen Aehrchen, selbst mit verzweigten Aehrchen zu bekommen, sehr bald durch fruchtbaren Boden bewirkt wird, aber auch bald wieder verloren geht. Es kommt aber darauf an, nicht nur solche Merkmale zu berücksichtigen, welche ohnehin bei einer guten Cultur sich von selbst einstellen, sondern auch solche nützliche Variationen zu fixiren, welche von den äusseren Verhältnissen vollkommen unabhängig sind; solche sind gerade die werthvollsten.

Auch andere Landwirthe haben durchwegs in gleicher Richtung, wie Hallet und Martiny, bei ihren diesfälligen Cultur-

versuchen sich bemüht. In Oesterreich-Ungarn hat die ausgedehntesten und am längsten dauernden Veredlungsversuche mit Weizen Samuel Mokry, Secretär des landwirthschaftlichen Vereines des Békescher Comitates und Gutsbesitzer, durchgeführt, und zwar seit nunmehr 14 Jahren. Sein Verfahren glich dem von Hallet mit der Abweichung, dass er bei der Auswahl der Mutterpflanzen keine Rücksicht auf die Bestockung nahm, sondern einzig und allein auf die Länge der Aehren und die Zahl der Körner in einer Aehre. In dem ersten Jahre führte Mokry seine Versuche blos auf kleinen Flächen von 100 bis 200 Quadratmeter aus, später auf 2 bis 5 Hektaren, gegenwärtig baut er seit 10 Jahren auf seiner ganzen Wirthschaft nur den von ihm veredelten Weizen an und zwar jährlich 160 bis 170 Joch.

Mokry befolgt dabei folgende Methode:

Die von den ausgelesenen vollkommensten Aehren gewonnenen Körner lässt er auf einer Fläche von etwa 200 Quadratmeter in einem stark gedüngten, tief aufgegrabenen Boden in Reihen, die 0·3 Meter von einander entfernt sind, auf eine Distanz von 16 Centimeter aussäen, im Frühjahr zweimal behacken. Die auf diesem Felde (1. Schule) gewonnenen längsten und körnerreichsten Aehren liefern das Saatgut für die im nächsten Jahre ähnlich zu bebauenden 200 Quadratmeter.

Von dem übrigen Theile der Ernte dieser Parcelle (1. Schule) werden sorgfältig die grössten Aehren und Körner von den kleineren gesondert und die ersteren im nächsten Herbst auf einer Fläche von $1^1/_2$ Hektar in ähnlich gut vorbereitetem Boden mit der Drillmaschine in gleichfalls 0·3 Meter entfernten Reihen derartig ausgesäet, dass ungefähr ein Körnerverbrauch von 15 Liter pro Hektar stattfindet. Diese Saat wird im Frühjahr ebenfalls behackt (2. Schule).

Der Ertrag der 2. Schule wird im nächsten Herbst in tief aufgeackertem Boden auf circa 8 bis 9 Hektar gleichfalls in 0·3 Meter weiten Reihen so gedrillt, dass 55 bis 60 Liter pro Hektar an Saatkörnern entfallen; auch dieses Feld wird behackt (3. Schule).

Der Ertrag der 3. Schule liefert das Saatgut für den Anbau der übrigen Weizenfelder, welche an solchem pro Hektar ungefähr 100 Liter bekommen. Diese Felder werden nicht behackt.

Dieses Verfahren wird von Jahr zu Jahr eingehalten; die weitere Veredlung wird jährlich in der 1. Schule ausgeführt, die Schulen 2 und 3 haben hauptsächlich die Bestimmung, den Körnervorrath zu vermehren.

Mokry sprach sich in einer brieflichen Mittheilung folgendermassen aus: „Mein Verfahren wurde mit überraschendem Erfolge gekrönt. Ich ernte seitdem jährlich mehr als meine Nachbarn. Nicht nur die Aehren, die aus der Schule Nr. 1 hervorgehen, sondern auch jene von den übrigen Feldern sind ein Gegenstand der Bewunderung meiner Gegend. Jährlich kommen vor der Ernte von nah und fern Landwirthe, meinen Weizen zu besichtigen, und bestellen Saatgut von meinem Weizen. Das ungarische Ackerbau-Ministerium bot mir unaufgefordert einen jährlichen Staatsbeitrag von 600 fl. zur Fortsetzung dieser Veredlungsversuche an. Ich bestellte jedes Jahr zwei Parcellen (von je 0·4 Hektar), die eine mit meinem veredelten Weizen, die andere mit dem von Landwirthen der Umgebung gekauften gewöhnlichen Weizen unter genau gleichen Verhältnissen neben einander, um den Unterschied anschaulich und messbar zu machen. Der Unterschied war bisher immer beträchtlich. Eine Vergleichung meiner Aehren mit jenen des gewöhnlichen Weizens der Umgebung liess Folgendes constatiren, wobei eine Deputation der landwirthschaftlichen Gesellschaft intervenirte, welche selbst die zu vergleichenden Aehren auswählte. Es ergab im Durchschnitt

eine Aehre des veredelten Weizens . . . 46·6 Körner
eine Aehre des gewöhnlichen Weizens . . . 28·0 Körner."

Man sieht, Mokry's und Hallet's Bemühungen fallen zusammen, sie legen immer das Hauptgewicht auf längere und reichkörnige Aehren. Dieser Vorzug tritt aber in kürzester Zeit, schon in einem Jahre ein, oder kann auch schon in einem Jahre wieder verschwinden. Es beweist dies ein Kolbenweizen, der im Jahre 1877 im Versuchsgarten der Hochschule für Bodencultur aus ganz gewöhnlichem Saatgute gewonnen wurde und der noch schönere Aehren, als die Mokry'schen sind, lieferte; dieselben enthielten durchschnittlich pro Aehre 51·5 Körner.

Mokry fügte in einer weiteren Mittheilung folgende Bemerkungen über die von ihm bei seinen Veredlungsversuchen gemachten Beobachtungen hinzu:

„Nicht nur verlängerten sich die Aehren, wobei sich die Zahl der Aehrchen an einer Seite der Aehre von 9 auf 16 erhöhte, sondern es entwickelten sich auch in der Mitte der Aehren in den Aehrchen statt der bisherigen drei Körner vier bis fünf und es zeigte sich die Anlage zur Ausbildung von noch mehr Körnern. Das Stroh wurde bedeutend stärker und länger, die Blätter länger und breiter, überhaupt der Wuchs üppiger und kräftiger, so dass der Unterschied zwischen der veredelten und gewöhnlichen Saat von Anbeginn bemerkbar, später aber auffällig wurde. Die günstigen Folgen dieses kräftigeren Wuchses zeigten sich darin, dass in nassen Jahren der veredelte Weizen der Lagerung besser widerstand. Interessant war diese Erscheinung im Sommer 1877. Trotz des ungemein dichten Standes des veredelten Weizens steht dieser aufrecht, während der nicht veredelte Weizen total darniederliegt. In Folge dessen ist letzterer auch vom Roste stärker angegriffen. Eben dieser kräftigere Wuchs zieht aber eine höchst missliche Folge nach sich, welche den ganzen Erfolg der Veredlung in Frage stellt und den ganzen praktischen Nutzen meines consequenten Verfahrens gefährdet. Ich habe gleich Sysiphus den Stein auf den Berg hinaufgewälzt und nun beginnt er zu meiner unsäglichen Bekümmerniss herunterzurollen. Die Vegetation des veredelten Weizens dauert nämlich länger als die des gewöhnlichen. Gleichzeitig gesäet, reift der Weizen in Schule Nr. 1 um 14, in Schule Nr. 2 um 10, in Schule Nr. 3 um 8 und der in gewöhnlicher Weise gesäete veredelte um 6 Tage später als der gewöhnliche Weizen, aus welchem der veredelte hervorgegangen ist. Folglich beginnt der Schnitt bei mir um eine Woche später als anderswo. Und eben diese längere Vegetationszeit wird für meinen veredelten Weizen verhängnissvoll. Der Rost und die Hitze wirkt auf ihn verderblicher. Umsonst waren die Aehren länger, körnerreicher, der Ertrag dem Rauminhalte nach grösser. Die Körner selbst wurden eingeschrumpfter, leichter. Die Folgen davon sind, dass durch ein verhängnissvolles Jahr, in welchem mein Weizen in Folge der Vegetationsverlängerung zu Grunde geht (total einschrumpft), der Nutzen des Mehrertrages vieler Jahre mehr als vernichtet wird; ferner, dass das Einschrumpfen des Weizens die Idee der Veredlung

im Kreise der praktischen Landwirthe gänzlich misscreditirt; endlich dass in Folge der Weiterveredlung (Schule Nr. 1) die constante Verlängerung der Vegetationszeit und alle daraus resultirenden Uebel in steigendem Masse vermehrt werden." Schliesslich stellt Mokry die Frage auf: Ob der durch ihn veredelte Weizen durch eine geeignete Behandlung zu einer frühreifenden Sorte umgestaltet werden könne?

Nach meinen früheren Darlegungen lässt sich wohl vermuthen, dass meine Antwort nicht befriedigend ausgefallen sein konnte. Es ist klar, dass, wenn bei der Selection nur auf die Grösse der Aehren und die Zahl ihrer Körner Rücksicht genommen wird, für den Fall, als in Zukunft locker gesäet, gut gedüngt wird, mit einer üppigeren Entwicklung eine gleichzeitige frühere Reife unmöglich erreicht werden kann. Würde aber der Anbau auf nicht gedüngtes, mageres Land erfolgen, würde die Aussaat später und dichter gemacht, so würde natürlich mit der eintretenden früheren Ernte ein Rückgang der Qualität eintreten müssen, also das Gegentheil, was Mokry erreichen will. Ich schrieb ihm daher, dass ein Wechsel in den Grundsätzen, nach welchen bei der Veredlung vorgegangen wird, nothwendig wäre und dass es sich hiebei um die Ausfindigmachung einer neuen Spielart handeln würde, wobei in der Art vorzugehen wäre, dass die Auswahl der Pflanzen jene träfe, welche am frühesten reifen, und zugleich solche, die am schwächsten sich bestocken, weil diese gleichfalls am frühesten zur Reife gelangen müssen. Es sei möglich, dass er auf den Weizenfeldern seiner Heimat solche Pflanzen ausfindig machen könnte; es könnten hiezu übrigens auch Weizen Südrusslands, der Bulgarei u. s. w. versucht werden. Mir selbst ist unter den australischen Weizen, die ich auf der Weltausstellung in Wien erwarb, eine Sorte vorgekommen, bei welcher jedes Korn nur drei bis vier starke Halme entwickelt, die zugleich frühzeitig reifen.

Es wäre zu wünschen, dass recht viele Landwirthe das Beispiel Mokry's nachahmten, wobei es freilich gut wäre, wenn sie die Erfahrungen ihrer Vorgänger sich zu Nutze machen würden und von neuen Gesichtspunkten aus neue Fortschritte anbahnten.

VIERTER ABSCHNITT.

Befruchtung und Kreuzung.

Es ist eine ausserordentlich häufige Thatsache, dass bei vielen Pflanzenarten die mit ihren eigenen Pollen befruchteten Blüthen entweder absolut oder bis zu einem gewissen Grade unfruchtbar sind; dass sie, wenn sie mit Pollen von einer anderen Blüthe derselben Pflanze befruchtet werden, zuweilen, wenn schon selten, ein wenig fruchtbarer sind; dass sie ferner, wenn sie mit Pollen von einem anderen Individuum oder einer anderen Varietät der nämlichen Species befruchtet werden, vollkommen fruchtbar sind; dass sie endlich, wenn sie mit Pollen von einer verschiedenen Species befruchtet werden, in allen möglichen Abstufungen unfruchtbar sind, bis die äusserste Sterilität erreicht ist. Wir haben in dieser Reihenfolge eine lange Scala der verschiedenen Wirkung der Kreuzung, an deren äussersten Grenzen absolute Unfruchtbarkeit eintritt.

Namentlich Darwin hat durch zahlreiche, in Töpfen vorgenommene Culturversuche dargethan, dass Befruchtung durch Kreuzung bei den meisten Pflanzen wohlthätig, Selbstbefruchtung aber schädlich ist. Es zeigt sich dies durch den Unterschied an Höhe, Gewicht, kräftiger Entwicklung und der Fruchtbarkeit der Nachkommen aus gekreuzten und selbstbefruchteten Blüthen. Damit im Zusammenhange stehen die wunderbar verschiedenen Einrichtungen, welche einestheils dazu bestimmt sind, die Selbstbefruchtung zu hindern, dagegen die Kreuzbefruchtung zu begünstigen. Auf diese Einrichtungen wurde in einem anderen Abschnitte bereits hingewiesen, ebenso wie bereits darauf aufmerksam gemacht wurde, wie diese Fremdbefruchtung durch Winde, durch Thau, Schnecken und hauptsächlich durch Insecten vermittelt werde.

Man glaubt die Ursache der schädlichen Wirkung, welche die Selbstbefruchtung in vielen Fällen nach sich zieht, in dem Umstande gefunden zu haben, dass sich gewisse krankhafte Dispositionen, welche den nahe verwandten Geschlechtern hermaphroditischer Pflanzen eigen sind, in den Nachkommen in höherem Grade ausbilden und entwickeln. Darwin gibt wohl zu, dass in vielen Fällen dies wirklich die Ursache sein könne,

wenn zu nahe und zu lange fortgesetzte Inzucht schlechte Erfolge ergeben habe; er bezweifelt aber, dass dieser Grund der massgebende bei der Beurtheilung der Frage sei. Er ist vielmehr geneigt, anzunehmen, dass der Vortheil einer Kreuzbefruchtung darin bestehe, dass die Pflanzen, die bei der Befruchtung zusammenwirken, während ihrer früheren Generationen verschiedenen Bedingungen ausgesetzt gewesen sind, und dass ihre Sexualzellen in Folge davon in einem höheren Grade differenzirt wurden, was den Befruchtungsact begünstige, während die Sexualzellen von gleicher Abstammung unter einander weniger differenzirt seien, weshalb die Selbstbefruchtung weniger vortheilhaft sei. Man könnte sich hier eines Vergleiches bedienen: Sowie die Neigung zu wechselseitiger chemischer Einwirkung um so intensiver ist, je grösser die Verschiedenheit in den Eigenschaften zweier Körper ist, ebenso werden die Wirkungen der Befruchtung durch einen gewissen Grad der Differenzirung in den Sexual-Elementen, welche gegenseitig auf einander wirken und sich verbinden, erhöht, durch eine zu geringe Verschiedenheit aber abgeschwächt. Indessen wird auch durch diesen Vergleich das Verständniss für diese wichtigen Verhältnisse, welche sich auf die Befruchtung der Pflanzen und Thiere beziehen, nicht erschlossen.

Wir wissen nicht, worin die Beschaffenheit oder der Grad der Verschiedenartigkeit in den Sexual-Elementen besteht, wissen nicht, wann diese für die Befruchtung von günstiger oder ungünstiger Wirkung ist. Wir können nicht sagen, warum viele Arten von der Kreuzung ihrer Varietäten einen sehr grossen, andere wieder gar keinen Vortheil haben, da es gar keinen Zweifel erleidet, dass manche Species durch eine ungeheure Zahl von Generationen immer selbstbefruchtet worden und doch lebenskräftig genug sind, um mit einer Masse sie umgebender Pflanzen, welche auf Fremdbefruchtung angewiesen sind, zu concurriren. Auch können wir uns keine Vorstellung darüber machen, warum der Vortheil einer Kreuzung zuweilen ausschliesslich auf das vegetative System und zuweilen auf das Fortpflanzungssystem gerichtet ist, gewöhnlich aber auf Beides. Ebenso ist es unbegreiflich, warum einzelne Individuen einer und derselben Species mit ihrem eigenen Pollen unfruchtbar, während andere vollkommen fruchtbar sind; warum eine Ver-

änderung des Klimas die Unfruchtbarkeit bei Selbstbestäubung entweder vermindert oder vermehrt.

Alles dies gilt nur für die Kreuzung der Spielarten einer und derselben Species. Werden aber verschiedene Species von Pflanzen gekreuzt, so produciren sie mit den seltensten Ausnahmen weniger Samen als die normale Anzahl. Diese Unproductivität variirt bei den verschiedenen Species bis zu einer so vollkommenen Unfruchtbarkeit, dass nicht einmal eine leere Frucht gebildet wird. Es ist ferner bekannt, dass nicht nur die in die Kreuzung tretenden elterlichen Species, sondern auch die aus ihnen gezogenen Bastarde mehr oder weniger unfruchtbar sind. Der Grad der Unfruchtbarkeit verschiedener Bastarde entspricht nicht immer genau dem Grade der Schwierigkeit, die einzelnen Formen zu verbinden. Wenn hybride Pflanzen fähig sind, sich unter einander fortzupflanzen, so sind doch häufig ihre Nachkommen weniger fruchtbar, sie werden in den späteren Generationen immer unfruchtbarer und sterben aus. Die unfruchtbaren Hybriden sind zuweilen von zwerghaften Formen und haben eine schwache Constitution. Eine Ausnahme hierin machen manche Pflanzenarten, wie beispielsweise die verschiedenen *Carduus-* und *Cirsium*-Arten, wie verschiedene Arten der Weiden und Pappeln, Königskerzen und einige andere Geschlechter, deren Arten sich gerne und leicht vermischen. Von unseren Culturpflanzen könnten nur die verschiedenen Moorhirsen angeführt werden, die, sobald sie in grösserer Nähe beisammen cultivirt werden, sich leicht vermischen und unmöglich rein erhalten werden können. Das Gleiche gilt von den Arten des Geschlechtes *Brassica*. Von einer Vermengung verschiedener Genera kann keine Rede sein; wenn deshalb von Bastarden zwischen Weizen und Roggen oder Weizen und Gerste, oder zwischen Paradiesäpfeln und Kartoffeln etc., die Rede ist, so weiss man, was davon zu halten ist.

Die Bestäubungs- und Befruchtungsverhältnisse bei der Familie der Gräser sind durchaus nicht gleichartig, sondern höchst verschieden. Sehen wir die Literatur durch, so finden wir über die Befruchtung der Gräser und Getreidearten Folgendes bemerkt:

Die Ansicht Kölreuter's ist, dass die Bestäubung der Stigmata durch eine zu diesem Endzweck besonders geschickte

Lage, Verbindung und unmittelbare Berührung der Geschlechtstheile unter einander, ohne irgend eine andere fremde oder äussere Beihilfe ganz allein und meistentheils bei noch geschlossener Blüthe vollbracht wird. Kölreuter scheint also bei den Gräsern vorwiegend Selbstbefruchtung anzunehmen.

Sprengel schliesst aus der Menge des producirten Pollens, aus seiner Leichtigkeit, aus der Länge und Feinheit der Filamente, aus der Grösse und Gestalt der Narben und aus dem mangelnden Insectenbesuch, dass die Bestäubung der Gräser durch den Wind erfolge; er nimmt also anscheinend Fremdbestäubung an.

Lecocq behauptet, dass sich in der Natur häufig eine Kreuzung der Gräser vollziehe. Vom Hafer, glaubt er, würde man durch Mischsaat verschiedener Arten und Varietäten leicht Kreuzungsproducte erzielen können, die dann aus der nächsten Generation auszulesen wären. Auf dieselbe Art würde man Weizensorten kreuzen können, oder durch künstliche Bestäubung nach vorausgegangener Castration der Mutterpflanzen. Auf die Bestäubungsverhältnisse der einzelnen Getreidepflanzen geht er nicht ein.

Naudin bemerkt, dass die Vortheile der Kreuzbefruchtung für Getreide nicht so sicher gestellt seien, als dies durch Darwin für einige Pflanzenarten geschehen sei. Er fügt hinzu, dass der Wind die gegenseitige Befruchtung ebenso gut, ja besser ausführe als Hoibrenk mit seiner über das Getreide geschleppten Schnur.

Von Delpino und Hildebrand sind gründlichere Untersuchungen über die Bestäubungsverhältnisse der Gräser veröffentlicht worden.

Vom Roggen sagt Delpino: Die beiden Geschlechter reifen zur gleichen Zeit. Die Spelzen öffnen sich weit und auf lange Zeit; die gleichzeitig entwickelten Narben und Staubbeutel treten weit hervor. Diese Einrichtung befördert mehr die Fremdbefruchtung, obzwar die Selbstbefruchtung nicht ausgeschlossen ist. Hildebrand ergänzt diese Beobachtung Delpino's mit der Bemerkung, dass beim Umkippen und Aufplatzen der Antheren die Narbe derselben Blüthe noch von den Spelzen bedeckt ist und erst später heraustritt. Eine Selbstbefruchtung sei nur möglich, wenn die Verstäubung desselben Staubbeutels

längere Zeit dauere und der letztausgestreute Pollen durch den Luftzug aufwärts getragen werde.

Von Rimpau sind zweierlei hierauf bezügliche Versuche zu erwähnen:

1. Von 46 Aehren schnitt er alle Blüthchen bis auf ein einziges ab, welches er mit einer Papierdüte umgab; alle blieben steril.

2. An 9 Aehren beliess er zusammen 196 Blüthchen, die er castrirte und in der Nähe einer blühenden Roggenpflanze beliess. Er erntete 160 Körner, also 82%.

Daraus folgt, dass die Selbstbestäubung bei Roggen wahrscheinlich ohne Erfolg bleibt und dass Fremdbestäubung zur Befruchtung nothwendig ist.

Ueber die Verstäubung des Weizens bemerkt Delpino Folgendes:

Im Freien, auf dem Felde fand er fast alle Aehren mit dicht geschlossenen Spelzen, namentlich im Schatten. Im Sonnenschein dagegen öffnen sich die Spelzen ziemlich weit und die Antheren hängen zum Theil heraus. Etwa ein Drittel des Pollens falle zwischen die geöffneten Spelzen und somit auf die eigenen Narben, zwei Drittel verbreiten sich als Wölkchen in der Luft. Die Narben bleiben eingeschlossen und werden unvermeidlich mit dem eigenen Pollen bestäubt. Dass aber beim Weizen auch eine Fremdbefruchtung möglich sei, schliesst er daraus:

1. Dass sonst keine Oeffnung der Spelzen erfolgte,
2. nicht zwei Drittel des Pollens in die Luft gelangen würden,
3. die Spelzen nicht eine Viertelstunde lang offen blieben.

Hildebrand räumt dagegen der Selbstbefruchtung beim Weizen nur einen geringen Spielraum ein. Er meint, dass nur der kleinste Theil des Pollens auf die eigene Narbe gelange, ein viel grösserer Theil aber verstäube und zur Fremdbefruchtung diene.

Auch mit Weizen wiederholte Rimpau denselben Versuch wie mit Roggen:

1. Belassung nur einzelner Blüthchen an 46 Aehren sammt den Antheren; 41 setzten Körner an und 5 blieben steril.

2. Drei Aehren wurden mit einem Faden eng umwickelt, so dass die Blüthchen sich nicht öffnen konnten; 93% der Blüthchen waren fruchtbar.

3. An 6 Aehren wurden 85 Blüthchen belassen und castrirt und der Fremdbefruchtung überlassen; nur 59 brachten Körner.

Aus diesen Versuchen wäre zu folgern, dass beim Weizen sowohl Selbst- wie Fremdbefruchtung möglich ist, letztere aber nicht mit gleicher Sicherheit wie erstere erfolgt.

Für Gerste liegen folgende Beobachtungen vor: Delpino untersuchte vierzeilige und zweizeilige Gerste. Von ersterer sagt er, dass die Blüthchen der mittleren Reihe der Aehrchen sich niemals öffnen, die seitlich stehenden aber sich wie die Weizenblüthen verhalten; bei letzterer würden stets nur die mittleren Aehrchen befruchtet und fände dies statt, wenn die Aehre noch in der obersten Blattscheide stecke. Auch Hildebrand fand keine einzige sich öffnende Gerstenblüthe, sondern alle schon bestäubt, während sie noch in der Blattscheide waren. Bei Gerste scheint also ausschliesslich Selbstbefruchtung vorzukommen.

Auch bei Hafer scheint Selbstbefruchtung vorzuherrschen; man wird darauf geführt durch die Wahrnehmung, dass man den Hafer überhaupt nur schwer oder gar nicht blühen sieht und dass die Antheren in der Regel noch zwischen den lederigen Spelzen eingeschlossen bleiben. Hildebrand neigt sich zu der Ansicht, dass auch bei Hafer Fremdbefruchtung vorkomme, doch mag dieses Verhältniss bei verschiedenen Haferarten und selbst Haferspielarten ein verschiedenes sein.

Bei Mais und Moorhirse ist wohl Fremdbefruchtung Regel, weshalb ja auch dort, wo auf engem Raume eine Mehrzahl von Spielarten angebaut wird, eine Vermischung derselben ganz unvermeidlich eintritt.

Bei den Schmetterlingsblüthlern ist gleichfalls Fremdbefruchtung, die durch Insecten besorgt wird, Regel. Werden mehrere Phaseolus-Varietäten, welche durch verschiedene Farben sich auszeichnen, dicht zusammengebaut, so erhält man Samen, die alle Farbenschattirungen aufweisen. Als Darwin Schminkbohnen, in Töpfen gepflanzt, mit einem feinen Netz bedeckte und dadurch den Besuch der Bienen abhielt, blieben alle mit wenigen Ausnahmen unfruchtbar; bei letzteren mögen Thripsarten (Blasenfüsse) Zugang gefunden haben.

Bei *Lupinus*, *Lathyrus*, *Vicia*, bei *Trifolium*, *Medicago*, *Onobrychis* ist ohne Zweifel die Intervention der Bienen und

Hummeln zur Fremdbestäubung nothwendig, dagegen ist dies für *Pisum* zweifelhaft. Dass es aber auch Leguminosen gibt, die ausschliesslich auf Selbstbefruchtung angewiesen sind, dafür bietet die Sojabohne ein Beispiel; es erklärt sich daraus der alljährlich gleich sichere Fruchtansatz dieser Culturpflanze.

Bei allen Cruciferen wird durch die Stellung der Staubgefässe zu den Honigdrüsen und zur Narbe die Fremdbestäubung beim Besuche honigsuchender Insecten zwar wahrscheinlich, aber keineswegs unvermeidlich gemacht. Sowohl die Häufigkeit als die Mannigfaltigkeit des Insectenbesuches ist bei allen Arten, mit Ausnahme der von *Brassica*, eine mittelmässige. Es sind vorwiegend Fliegen und Bienen, weniger andere Aderflügler, dann Käfer und Schmetterlinge, welche sich am Besuche der Cruciferenblüthen betheiligen. Allen Cruciferen ist daher die Möglichkeit der Sichselbstbestäubung zur Erhaltung nützlich, wo nicht nothwendig. Bei vielen geht die Selbstbestäubung in ausgedehntestem Masse vor sich, bei manchen liegen experimentelle Beweise vor, dass sie von Fruchtbarkeit begleitet ist. Bei den Arten des Geschlechtes *Brassica* ist die Fremdbestäubung am vorwiegendsten. Wenn Insectenbesuch ausbleibt, krümmt sich der obere Theil der die Narbe überragenden längeren Staubbeutel meist so weit nach der Narbe zurück, dass er in unmittelbare Berührung mit derselben tritt und Bestäubung derselben bewirkt.

Die Doldengewächse (Umbelliferen) sind durchaus auf Fremdbefruchtung angewiesen und ist die protandrische Dichogamie bei denselben in hohem Grade ausgebildet. Die Einzelnblüthen einer ganzen Dolde lassen erst nach dem Abblühen der Staubgefässe die Griffel hervortreten und entwickeln erst dann die Narben, so dass in der ersten Blütheperiode eine ganze Genossenschaft gemeinsam den über die Dolde hinschreitenden Gästen ihren Blüthenstaub an die Unterseite heftet, in der zweiten Blütheperiode aber ihre Narben zur massenhaften gemeinsamen Fremdbestäubung darbietet. Also stets Kreuzung getrennter Dolden und bei völliger Sicherung der Fremdbefruchtung Unmöglichkeit der Selbstbestäubung. Die Vereinigung vieler Blüthen in einer Fläche macht dieselbe auf grössere Entfernungen hin sichtbar; dazu kommt noch, dass die Randblüthen oft auffällig grössere Blumenkronen besitzen, um die

Insecten noch sicherer herbeizulocken. Je auffälliger die Dolden sind, desto sicherer und mannigfaltiger ist der Besuch der Insectengäste, meist Fliegen und Hymenopteren, während Käfer, die hauptsächlich durch glänzende Farben der Blüthen herbeigelockt werden, weit seltener sind.

H. Müller gab sich die Mühe, für eine Reihe von Doldenpflanzen die Zahl der Insectenarten zu ermitteln, welche dieselben besuchen; er fand, dass diese in eben demselben Verhältniss abnimmt, als die Dolden unscheinbarer werden.

So fand er:

Heracleum spondylium von . .	118	Insectenarten besucht
Aegopodium podagraria von .	104	„ „
Anthriscus sylvestris von . . .	73	„ „
Daucus carota von	61	„ „
Carum carvi von	55	„ „
Chærophyllum temulum von .	23	„ „
Pimpinella saxifraga von . .	7	„ „
Torilis anthriscus von	9	„ „

Bezüglich der Mannigfaltigkeit des Insectenbesuches können mit den Umbelliferen nur die Compositen einen Vergleich aushalten, deren Köpfchen gleichfalls in den meisten Fällen einen Tummelplatz für die verschiedensten Insecten darbieten. Viele derselben sind daher auch ausschliesslich auf Fremdbefruchtung angewiesen. Doch gibt es auch mannigfaltige Abstufungen bis zu solchen Arten, welche, weil sie nur seltener einen Insectenbesuch erhalten, in der Hauptsache auf Selbstbefruchtung angewiesen sind; hieher gehören meist Compositen mit unscheinbaren Köpfchen, z. B. *Senecio vulgaris.*

Bei den Borragineen kommen alle Uebergänge vor zwischen Arten, die ausschliesslich auf die Fremdbefruchtung angewiesen sind, und solchen, die sich selbst zu befruchten vermögen. Zu den ersteren gehören *Echium* und *Pulmonaria*, zu den letzteren *Lithospermum arvense* und *Myosotis intermedia.*

Bei den Solaneen, deren Blüthen keinen Honig absondern und von Insecten nur sehr spärlich besucht werden, ist die Selbstbefruchtung vorherrschend. Dieselbe wird noch dadurch erleichtert, dass der Griffel so stark abwärts gekrümmt wird, dass die Narbe in die Falllinie des Blüthenstaubes zu stehen kommt.

Die Blüthen der Urticaceen, Cannabineen sind Windblüthen, weshalb sie so massenhaft Blüthenstaub entwickeln. Das Gleiche dürfte von den Chenopodiaceen, insbesondere von *Beta* gelten; deshalb ist bei diesen die nahe Pflanzung von Samenträgern verschiedener Sorten zu vermeiden.

Aus dem Vorausgegangenen lassen sich nachfolgende Anwendungen auf die Praxis des Pflanzenbaues machen:

1. Weil Roggen auf Fremdbefruchtung angewiesen ist, vermischen sich die Varietäten ausserordentlich leicht. Dies ist vielleicht auch Ursache, warum es so wenig distincte Spielarten gibt. Sie unterscheiden sich fast nur durch die frühere oder spätere Reife, schwächere oder stärkere Bestockung, längere oder kürzere Halme, Blätter, Aehren u. s. w., also quantitativ. Dasselbe gilt von der Martiny'schen Roggenvarietät. Wollte man zwei verschiedene Spielarten kreuzen, brauchte man nur ein Samengemische derselben mit der Vorsicht anzubauen, dass beide ziemlich gleichzeitig in die Blüthe treten.

2. Bei dem Weizen wird eine Erzielung von Bastarden oder Mittelformen zweier verschiedener Weizensorten durch Vermischung der anzubauenden Körner offenbar nicht gut gelingen. Es ist dies nicht unmöglich, jedenfalls aber äusserst selten und noch von Niemand auch nur mit einiger Wahrscheinlichkeit beobachtet worden. In allen botanischen Gärten wird meist Weizen neben Weizen cultivirt und er bleibt stets derselbe. Körnicke in Poppelsdorf hat wiederholt Körner zweier verschiedener Spielarten des Weizens gemischt ausgesäet und die geernteten Aehren, nach Spielarten sortirt, wieder getrennt ausgesäet; sie blieben stets constant. Shireff erhielt bei seinen Versuchen dasselbe Resultat; er säete mehrere äusserlich leicht und sicher unterscheidbare Varietäten des Weizens gemischt durcheinander, separirte dann die Aehren und baute sie wieder isolirt an; sie blieben alle durchwegs rein erhalten. Auch bei Rimpau's Versuchen ergab sich das gleiche Resultat.

Es bleibt daher nichts übrig, als zur Hervorbringung neuer Weizen-Spielarten durch Kreuzung künstlich zu interveniren. Knight gedenkt solcher Kreuzungen, welche eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen den Mehlthau besassen. Auch Maundt, Raynbird und Andere, sowie Shireff haben solche Versuche gemacht. Shireff bemerkt, dass bei Kreuzungen des

Weizens die Producte sehr zu Rückschlägen geneigt sind, dass man aber durch fortgesetzte sorgfältige Zuchtwahl im Stande ist, ein constantes Mittelproduct zu erzielen. Dadurch erklärt sich, dass von verschiedenen Seiten ein und dasselbe Kreuzungsproduct für total unbrauchbar gehalten, von anderer Seite dagegen sehr gerühmt wird, oder das Lob erst nach Jahren sich äussert.

Shireff verfährt in der Weise, dass er mit im Freien gewachsenen gesunden Pflanzen operirt. Er schneidet abwechselnd die Aehrchen weg, damit die belassenen weiter von einander zu stehen kommen, castrirt die Blüthchen und legt gleich hierauf nicht schon verstäubten Pollen, sondern unaufgeplatzte Antheren auf. Man benützt hiebei nur intensiv gefärbte, welche dem Aufplatzen nahe sind. Am besten ist's, wenn zwei Personen zusammen arbeiten. Eine Pergamentdüte ist nothwendig, wenn etwa andere blühende Pflanzen in der Nähe wären.

3. Bei Hervorbringung von Kreuzungen bei den Gersten- und Hafervarietäten hätte man in gleicher Weise wie bei Weizen zu verfahren.

4. Bei dem Mais wird die Kreuzung durch das Nebeneinanderpflanzen verschiedener Spielarten immer leicht gelingen. Sobald an irgend einem Orte einzelne Pflanzen ganz isolirt dastehen, ist es fraglich, ob deren Befruchtung überhaupt gelingt. Denn wenn zur Zeit der Blüthe dieser wenigen Pflanzen die männlichen und weiblichen Blüthen ungleichzeitig hervortreten sollten, überdies eine stärkere Luftströmung zur Blüthezeit den Blüthenstaub nicht herabfallen lassen sollte, kann eine Befruchtung ganz unterbleiben oder die Kolben setzen nur einige wenige Körner an. Findet das Blühen der männlichen und weiblichen Blüthe einer und derselben Pflanze aber gleichzeitig statt, gestattet die ruhige Luft ein langsames Herabfallen des Blüthenstaubes, dann kann auch eine einzelne oder können einige wenige Pflanzen sich gut befruchten. Dies gilt natürlich für alle ein- und zweihäusigen cultivirten Pflanzen.

Wo viele Pflanzen einer und derselben Spielart auf einem Felde beisammen stehen, da ist auch bei ungleichzeitiger Blüthe vieler Pflanzen und bei öfter wiederkehrender Ungunst der Witterung eine vollständige Befruchtung meist die Regel. Hier findet durchaus Fremdbefruchtung zwischen verschiedenen

Pflanzen derselben Spielart statt. Wenn aber dieselbe Spielart unter durchaus gleichartigen Verhältnissen längere Zeit an demselben Orte cultivirt worden ist, so würde sich's empfehlen, dem Saatgute auch einen Theil der Körner derselben Spielart beizumengen, welche an einem weit entfernten Orte unter verschiedenen Boden- und klimatischen Verhältnissen geerntet worden sind.

In der Regel ist eine Vermischung sehr heterogener Spielarten des Maises nicht erwünscht, weil die Farbe, Grösse und Form der Körner eine sehr ungleichartige wird, was das Ansehen des Productes mindert. Wenn also schon verschiedene Spielarten untereinander gebaut werden wollten, so kreuze man mit Hilfe einer gemischten Aussaat nur nahe verwandte Spielarten oder solche, deren Eigenschaften zu vereinigen sehr wünschenswerth wäre, z. B. die Eigenschaft der Frühreife mit grosser Fruchtbarkeit und vorzüglicher Qualität der Körner; dabei müsste man aber natürlich dafür Sorge tragen, dass durch einen gehörig eingeleiteten Anbau die Blüthezeit der mehr oder weniger heterogenen Spielarten zusammenfiele.

5. Ein gleiches Verfahren wäre wohl auch bei der Kreuzung des Hanfs, des Hopfens, der Runkelrüben einzuhalten; bei letzteren müsste die Auswahl der zu vermischenden Sorten mit besonderer Sorgfalt vorgenommen werden.

6. Will man bei Kreuzungen von Doldenpflanzen, Compositen, Cruciferen, überhaupt solcher Pflanzen, die grossentheils oder ausschliesslich auf Fremdbefruchtung angewiesen sind, nicht störenden Einflüssen ausgesetzt sein, so dürfen derartige Versuche nicht in der Mitte von Gärten vorgenommen werden, wo oft mehrererlei Arten in ziemlicher Nähe cultivirt werden; man muss vielmehr zu diesem Zwecke den Anbau auf entlegenen Grundstücken, die zu diesem Zweck entsprechend hergerichtet und geschützt sind, vornehmen. Man ist da je nach der Entfernung von anderen Gärten, wo andere Spielarten, als die man zu vermischen beabsichtigt, vorkommen, mehr oder weniger vor störenden Einflüssen sicher.

7. Bei Culturpflanzen, welche auf Selbstbefruchtung angewiesen sind und bei welchen eine Fremdbefruchtung nur ausnahmsweise gelingt, wird ein Durcheinandersäen oder Durcheinanderpflanzen der zu kreuzenden Spielarten nur einen geringen

Erfolg zeigen; da wird ein künstlicher Eingriff, die Vornahme der künstlichen Befruchtung nothwendig sein, die bei offenen Zwitterblüthen des Tabaks oder der Kartoffeln allerdings viel leichter und bequemer auszuführen ist, als wie bei den Getreidearten. Gerade die Kreuzungen, welche bei der Kartoffelpflanze mit so grossem Erfolge von Engländern und Amerikanern ausgeführt worden sind, sprechen für die Verwerthung der Kreuzungen bei den Spielarten der landwirthschaftlichen Culturpflanzen, welche bisher seitens der Landwirthe noch viel zu wenig zu ihrem Vortheil angewendet worden sind. Allerdings darf man sich bei solchen Aufgaben und Versuchen nicht vom Zufall leiten lassen, muss vielmehr mit deutlich erkannter und kritisch geprüfter Absicht an solche Versuche herantreten.

FÜNFTER ABSCHNITT.

Der Samenwechsel.

Wenn Samenwechsel für viele unserer Culturpflanzen auf das Angelegentlichste empfohlen wird, so geht man im Allgemeinen von der gewiss richtigen Voraussetzung aus, dass eine und dieselbe Culturpflanze an verschiedenen, weit von einander entfernten Orten in sehr ungleichem Grade gedeiht, dass die eine oder die andere unserer Culturpflanzen in ihrem Gedeihen in manchen Gegenden und Ländern ganz besonders begünstigt sei, dass sie da gewisse nützliche Eigenschaften in höherem Grade erwerben, welche sie auch dann noch durch einige Generationen erhalten, wenn sie an anderen Orten unter veränderten Verhältnissen zum Anbau gelangen. Von solchen Gegenden sei nun der Same zu beziehen, z. B. der Lein aus den Ostseeländern, der Hanf aus Oberitalien, namentlich aus dem Hanfbau-Gebiet von Bologna; Weberkardensamen sei aus Frankreich, desgleichen der Same des Krapp von dorther oder aus dem Oriente zu beziehen.

Im Allgemeinen sind die Ansichten der älteren landwirthschaftlichen Autoren über den Samenwechsel ziemlich widersprechend. So spricht sich Thaer bezüglich des Saatgetreides dahin aus, dass man es aus jenen Gegenden beziehen solle, wo es vorzüglich gedeihe; beim Anbau des Hafers solle man

zwischen Samen wechseln, welcher in höheren und tieferen Lagen gebaut worden ist.

Burger schreibt, dass er in früheren Jahren eine grosse Anzahl von Weizenarten aus allen Ländern im Garten gebaut habe; immer sei eine schöner als die andere gewesen. Wenn er aber die im Garten gewonnenen Körner auf dem Acker feldmässig und gleich den einheimischen Sorten cultivirt hätte, so seien ihre Vorzüge oft schon im ersten Jahre, sicher aber im zweiten oder dritten Jahre verschwunden. Oft zeigte es sich, dass sie unsere langen Winter und die kalten Nordostwinde des Frühlings nicht so gut überstanden, wie die heimischen Weizen, was besonders von jenen gelte, welche weissgelbe Körner besitzen. Burger hält deshalb das selbstgezogene Getreide für das beste, weil es sich dem Klima und dem Boden angepasst hätte. Bei fremden Samen müsse der Bezug entweder aus gleichem oder kälterem Klima erfolgen. Bei manchen Spielarten müsse man alle zwei oder drei Jahre wechseln.

Koppe ist im Allgemeinen gegen, Pabst, Hlubek, Veit, Brieger, Gerike, Weissenbruch, Walter, Dittman, Block und Andere sind für Samenwechsel. Veit hält es für gut, Samen von höher gelegenen Böden auf Niederungen, von leichtem auf schweren, von trockenem auf feuchten Boden, von kaltem in warmes Klima und umgekehrt zu bringen. Auch Koppe hält dafür, dass bei Samenwechsel der Same vom mageren Land auf gutes gebracht werden solle. Nach Schlipf soll der Same immer gewechselt werden bei Kartoffeln, Weizen, Roggen, Gerste, Mais, Lein, Hanf; bei Hafer nicht. Birnbaum ist vor Allem bei Lein und Kartoffeln für Samenwechsel; Rosenberg-Lipinski dann, wenn ein Rückschritt in der Qualität bemerkbar werde.

Mehrerlei Gründe trugen dazu bei, die Abneigung der Landwirthe, welche in weiteren Kreisen immer noch gegen oftmalige Anwendung des Samenwechsels herrscht, mehr und mehr zu beseitigen. Zunächst der Umstand, dass gegenwärtig eine genauere Kenntniss darüber verbreitet ist, in welchen Ländern und Gegenden Samen von anerkannt guter Qualität von bestimmten Sorten zu bekommen sind. Die Statistik der Verbreitung der besseren Sorten ist in den letzten Jahrzehnten sehr gefördert worden und sind darin namentlich England, Bel-

gien, Frankreich und Deutschland vorangegangen. Dazu kommt, dass gegenwärtig in Folge der vermehrten Communicationsmittel und des billigeren Transportes, in Folge der Erweiterung des Samenhandels und im Wege der Genossenschaften auch der kleinere Landwirth sich echte Waare für die Saat leichter beschaffen kann, als dies früher möglich gewesen. Allerdings ist Letzteres noch immer nicht in dem Umfange der Fall, wie zu wünschen wäre. Nur zu oft sind Klagen über die Fälschung oder die Unechtheit des aus weiten Entfernungen bezogenen theueren Samens laut geworden und viele Versuche über den Samenwechsel haben wohl bedeutende Kosten verursacht, sind aber wieder aufgegeben worden, ohne dass sie einen nachhaltigen Erfolg gehabt hätten. Es ist aber nicht zu leugnen, dass hieran vielfach auch die Landwirthe selbst Schuld tragen, indem sie es sich nicht klar zu machen suchen, welche Zwecke eigentlich beim Samenwechsel erreicht werden wollen. Wenn es sich blos um grössere Erträge und bessere Qualität der Producte handelt, wenn dieselben blos deshalb nicht befriedigen, weil der Boden schlecht geackert und gedüngt und die Pflege der Saaten vernachlässigt wird: so wird auch ein Samenwechsel, wenn selbst das beste Saatgut bezogen würde, gar nichts helfen, solange die alte Misswirthschaft beibehalten wird. Wird aber eine bessere Cultur eingeführt, so wäre möglicherweise mit dem einheimischen Saatgut der gleiche Erfolg zu erzielen gewesen, wie mit dem fremden Samen, der mit grossen Kosten beschafft worden ist. Auch in dem Falle kann der Samenwechsel eine sichere Wirkung nicht haben, wenn es sich blos darum handeln sollte, die Mode mitzumachen, die jeweilig im Samenwechsel besteht, wenn eben nur der Abwechslung halber gewechselt wird und kein ganz bestimmter Grund vorliegt, der für den Samenwechsel ausschlaggebend ist. Viele Landwirthe cultiviren englische Weizen, Probsteier Gerste und Roggen, Frankensteiner Weizen oder amerikanische und australische Hafersorten nur der verlockenden Namen wegen, welche sie führen, und sind sich der Gründe, welche sie zur Einführung des neuen Samens bestimmten, gar nicht recht klar geworden.

Vor Allem thut es also noth, sich darüber klar zu werden, warum gewechselt werden solle. Wollte Jemand die Weizensaat deshalb wechseln, weil ihm der weissgelbe Weizen

mit mehligem Bruch besser gefällt als der einheimische, der eine rothbraune und glasige Beschaffenheit angenommen hat, der würde einen kostspieligen Luxus treiben, weil sich der neue Weizen in kürzester Zeit wieder in einen solchen umwandeln würde, dessen Körner die ganz gleiche Beschaffenheit zeigen, wie jene der einheimischen Sorte. Wer statt Bartweizen Kolbenweizen cultiviren wollte, weil ihm der Kolbenweizen besser gefällt, der würde ebenso thöricht handeln, wie ein Viehzüchter, der bei seinem Rindviehstand nur auf eine gewisse Beschaffenheit der Hörner sehen würde.

Unter den Eigenschaften, welche an das neue Saatgut beim Samenwechsel gestellt werden, sind besonders wichtig:

1. Frühe Reife;

2. Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Winterfrost und der Sommerdürre, gegenüber der Lagerung und gegenüber Schmarotzerpilzen;

3. die Eigenschaft, längere und feinere Stengel zu entwickeln, zuckerreichere Wurzeln zu liefern, überhaupt ein in bestimmter Richtung veredeltes Product zu erzeugen.

Ad 1. Die Frühreife hat natürlich dann einen sehr hohen Werth, wenn die Culturpflanze an der Grenze ihrer nördlichen Verbreitung angebaut werden soll, also nicht mehr mit Sicherheit zur Reife gelangt, z. B. bei Mais, Fisolen, Reis, Moorhirse, gemeiner Rispenhirse, Tabak u. s. w.; oder wenn für eine Pflanze deshalb eine frühere Reife gewünscht wird, damit sie den Gefahren des trockenen Sommers weniger ausgesetzt ist, z. B. bei Weizen in Gebieten mit trockenem Sommer, wie dies bei Besprechung der Mokry'schen Versuche hervorgehoben wurde.

Es sind die Ansichten darüber zum Theile auseinandergehend, ob südliche oder nördliche Gegenden mehr geeignet sind, früher reifende Spielarten bei unseren Culturpflanzen zu erzeugen und schienen die Erfolge vergleichender Anbauversuche, welche Professor Dr. Schübeler und welche ich erhielt, sich vollständig zu widersprechen. Schübeler nämlich wies auf den Einfluss der langen Tage hoher Breiten hin, welche bewirken, dass die Getreidearten im Norden innerhalb einer kürzeren Periode reifen, also zu den am frühesten reifenden Spielarten gehören, während ich für meine schon in den ersten Sechziger-Jahren ausgeführten Versuche gefunden hatte, dass

manche Sorten, welche im Süden entstehen, zu den frühesten zu gehören scheinen. Im Ganzen können beide Aussprüche recht wohl mit einander vereinigt werden; denn es können sowohl in niederen wie in höheren Breiten sich solche Bedingungen zusammenfinden, welche der Entwicklung frühreifender Sorten günstig sind, und es dürfte gegenwärtig kaum mit Sicherheit zu entscheiden sein, an welchem Orte der Erdoberfläche irgend eine Pflanzenspecies die am frühesten reifende Sorte hervorgebracht hat.

Zu den Bedingungen, welche frühreifende Sorten entstehen lassen, sind zu rechnen:

1. Ein geringes, eben nur noch ausreichendes Mass der Feuchte;

2. Regenmangel im Frühjahr und Sommer, wobei aber ein ansehnlicher Vorrath von Winterfeuchte zu Gebote stehen muss;

3. rascher Eintritt des Sommers, d. i. kurzes Frühjahr wegen des plötzlichen Ueberganges zum Sommer;

4. hohe Sommerwärme mit andauernd hellem Wetter, wie dies in Gegenden mit continentalem Klima der Fall ist;

5. auch die Lage wird die Wirkung der beiden letzteren Factoren noch mehr zur Geltung gelangen lassen;

6. leichter, milder, stark erwärmbarer Boden mit geringer, zur Hervorbringung mässiger Ernten eben noch ausreichender Fruchtbarkeit und

7. mehr dichte als schüttere Saat.

Der Gegensatz dieser Verhältnisse muss offenbar auch das Gegentheil bewirken und später reifende Sorten hervorbringen; so

1. ein feuchtes, regnerisches Klima, oder ein Ersatz eines solchen durch künstliche Bewässerung;

2. andauernd kühles und feuchtes Wetter im Frühjahr, das die Bestockung ungemein begünstigt;

3. mässig warme Sommer, welche in Folge der häufigen Bewölkung und selbst im Sommer wiederkehrender Nebel nur eine unterbrochene Insolation zur Geltung kommen lassen;

4. tiefe Lage oder die Exposition nach der nördlichen Himmelsgegend;

5. tiefgründiger, bündiger, fruchtbarer Boden, dem überdies durch reichliche Düngung stets Ersatz zugeführt wird;

6. lockere Saat.

Man ersieht aus dieser Gegenüberstellung, dass nicht nur die gegebenen natürlichen Wachsthumsbedingungen, sondern auch die Culturmassregeln darauf Einfluss nehmen können, ob früher oder später reifende Sorten zu Stande kommen.

Ad 2. Bestimmend möchte in vielen Fällen bei dem Samenwechsel die Absicht sein, Samen von Pflanzenspielarten zu erhalten, welche gegenüber verschiedenen schädlichen Einflüssen sich widerstandsfähiger erweisen als die bis dahin verwendeten. Da ist nun zu bemerken, dass beim Bezug von Saatgut für die Wintersaaten der Westen Europas besser daran ist wie der Osten; denn die westlichen und nordwestlichen Länder Europas können Wintergetreide zum Samenwechsel beziehen und sicher sein, dass solche dem Ausfrieren weniger ausgesetzt sein werden, als ihre eigenen einheimischen Wintergetreide-Arten. Wollte aber der Osten oder der Südosten Europas mit seinen continentalen strengen Wintern Winterraps, Winterweizen, Winterroggen oder Wintergerste aus dem Westen Europas beziehen, so würde die vollständige Auswinterung solcher Saaten wohl die Regel sein. Erfahrungsgemäss friert Winterweizen, aus Belgien, England oder dem nördlichen Frankreich bezogen, oder auch der Roggen bei uns im Vergleiche mit dem heimischen viel leichter aus. Genau dasselbe wird aber auch der Fall sein mit dem Wintergetreide, welches wir aus südlicheren Gegenden, z. B. aus Italien, Aegypten u. s. w., beziehen; es ist an mildere Winter gewöhnt und wird bei uns regelmässig erfrieren.

Wenn das heimische Getreide häufig lagert, wenn es dem Roste ausgesetzt ist, wenn es von Trockenheit in höherem Grade leidet, so veranlassen auch diese Nachtheile oft den Samenwechsel. Frühreifende Sorten, welche in kurzer Zeit das Feld räumen, leiden zugleich auch von der Trockenheit am wenigsten; sie sind auch gewissen Pflanzenparasiten weniger ausgesetzt. Gegen Lagerung wird die Auswahl stark- und dichthalmiger Sorten helfen, doch lässt sich dem schädlichen Lagern auch durch eine entsprechende Cultur vorbeugen.

Ad 3. Samenwechsel wird aber wohl am öftesten vorgenommen, um überhaupt Pflanzenproducte zu erzielen, die in einer bestimmten Richtung veredelt worden sind. Bei gewissen Pflanzen, die für technische Zwecke cultivirt werden, ist es gar nicht fraglich, woher ihr Bezug am besten erfolgt, wie wir

dies vom Lein, Hanf, Zuckerrüben, Krapp, Weberkarde und anderen schon erwähnt haben. Wieder bei anderen ist dies zweifelhaft und lässt mancher Landwirth Roggen aus der Probstei, Weizen aus Frankreich, Belgien und England nur deshalb kommen, weil er keine renommirteren Bezugsorte kennt. Es wäre zu wünschen, dass in dieser Richtung namentlich Oesterreich-Ungarn mit Bezug auf die Spielarten, welche es erzeugt und die im Grossen verbreitet sind, genauer erforscht und bekannt gemacht würde. Es ist nicht zweifelhaft, dass sich für die Cultur jeglicher Samensorte die geeignetste Gegend ausfindig machen liesse, welche bereits jetzt die verschiedensten Sorten in solcher Qualität producirt, wie sie wahrscheinlich kein Land Europas besser erzeugt, dass aber keine Nachfrage darnach entsteht, weil sie nicht bekannt sind, weshalb immer wieder nur aus dem Auslande Samen-Import stattzufinden pflegt; ausgenommen hiervon ist Rothklee- und Luzernesamen, dessen Renommée aber durch die Verunreinigung mit Kleeseide, die so häufig vorkommt, schon stark geschädigt ist. Auch für Bezug von Maissorten genügt Oesterreich allen Anforderungen, ebenso könnte der Bedarf an Runkelrüben, an Leinsamen u. s. w. ausschliesslich im Inlande gedeckt werden. Es werden diese Zustände erst besser werden, wenn die einheimischen Sorten und ihre Verbreitung besser erforscht und bekannt gemacht sein werden. Beiträge hiezu liefern die Regional-Ausstellungen; doch pflegt hier häufig nicht das Gewöhnliche, sondern nur das Aussergewöhnliche oder für die Ausstellung extra Zubereitete zur Schau gestellt zu werden.

Nicht ausser Acht ist zu lassen, dass man nur dann gleich im Grossen den Samen wechseln darf, wenn schon Erfahrungen vorliegen, dass er die gewünschten Resultate sicher im Gefolge haben wird. Sobald dies aber zweifelhaft sein, oder sobald die Sicherheit des Bezuges etwas zu wünschen übrig lassen sollte, wäre es immer angezeigt, erst auf einigen Ares Vorversuche in geeigneter Weise vorzunehmen und erst dann, wenn sich die Versuche bewähren, grössere Samenquantitäten zu beziehen. Wenn Landwirthe zu dem Zwecke direct mit einander in Verbindung treten können, wird dies immer besser sein, als wenn die Vermittlung der Samenhändler in Anspruch genommen wird.

LITERATUR.

Ausser den schon in früheren Literatur-Nachweisen angeführten Arbeiten sind hier noch zu citiren:

H. Thiel, „Ueber den Einfluss der Zeit der Aussaat auf die Entwicklung des Getreides". Zeitschr. f. d. l. V. im Grossherzogthum Hessen, 1872.

Fr. Haberlandt, „Ueber den Einfluss der Zeit der Aussaat auf die Entwicklung der Sommergetreide-Arten". Oesterr. landwirthsch. Wochenblatt, 1876.

A. Hosäeus, „Das Unterbringen des Saatgutes bei trockenem Wetter und trockenem Boden". Deutsche landw. Presse, 1875.

B. Jörgensen, „Versuche über das Unterbringen der Saat in verschiedener Tiefe". Annalen der Landw., 1873.

W. Tietschert, „Ueber die zweckmässigste Saattiefe". Inaugural-Dissertation, 1871.

J. Ekkert, „Culturversuch mit Weizen und Gerste verschiedener Qualität bei verschieden tiefer Unterbringung der Saat". Fühling's landwirthschaftliche Zeitung, 1873.

E. Wollny, „Untersuchung über die zweckmässigste Ausführung der Saat". Zeitschr. des landw. Vereins in Baiern, 1873.

Fr. Haberlandt, „Versuche und Betrachtungen über die entsprechendste Saatdichte bei unseren Getreidearten". Oest. landw. Wochenbl., 1878.

— — „Dichte und lockere Aussaat von Sommergetreide". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen, II. Bd., 1877.

— — „Dichte der Saat bei Futterpflanzen". Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen, I. Bd., 1875.

G. Krafft, „Reihen-Säemaschine und Säen in der Reihe". Komers' Jahrbuch für österr. Landwirthe, 1872.

J. Fichtner, „Ueber die zweckmässige Drillweite bei der Roggensaat". Deutsche landw. Presse, 1875.

Ch. Darwin, „Das Variiren der Thiere und Pflanzen im Zustande der Domestication", 2 Bde., übersetzt von V. Carus, Stuttgart 1868.

Fr. Haberlandt, „Worin bestehen die bei vielen Pflanzenarten vorkommenden Abänderungen und durch welche äusseren Einflüsse werden sie hervorgebracht?" Centralblatt f. d. g. Landescultur, 1868.

Metzger, „Die Getreidearten etc.", 1841.

Loiseleur Deslongschamps, „Considerations sur les cereales", 1842.

E. Parish, „Versuche zur Veredlung des Saatgutes". Neue landwirthschaftliche Zeitung, 1873.

R. Hesse, „Züchtung von Getreide-Varietäten in England". Landw. Jahrbuch von Nathusius und Thiel, 1877.

W. Rimpau, „Züchtung neuer Getreide-Varietäten". Landw. Jahrb., 1877.

Ch. Darwin, „Die Wirkungen der Kreuzung und Selbstbefruchtung im Pflanzenreich", übersetzt von V. Carus, 1876.

A. St. Wilson, „On the fertilisation of the Cereals". Journal of Botany 1875, Transactions and Proceedings of the Botanical Society of Edinburgh, 1876.

W. Rimpau, „Die Selbststerilität des Roggens". Landw. Jahrb., 1877.

Fr. Haberlandt, „Beiträge zur Frage über die Acclimatisation der Pflanzen und den Samenwechsel", Wien 1864.

— — Ueber Acclimatisation und den Samenwechsel". Oest. landw. Wochenblatt, 1875.

L. Wittmack, „Bericht über vergleichende Culturen mit nordischem Getreide". Landw. Jahrbücher, 1877.

SACHREGISTER.

Abc-Verfahren bei der Reinigung der Schmutzwässer 563.
Ablagerung der Reservestoffe 265.
Abkühlung des Bodens 428.
Abraumsalze 586.
Absatz aus fliessenden Gewässern 454.
Absolute Festigkeit der Bodenarten 391.
Absolutes Gewicht der Samen 98.
Absorption von Ammoniak 441.
Absorption von gasförmigem kohlensaurem Ammoniak 438.
Absorption von Kali im Boden 442.
Absorption von Kalk im Boden 442.
Absorption der Kieselsäure im Boden 442.
Absorption von Kohlensäure 431, 433.
Absorption von Magnesia im Boden 442.
Absorption d. Phosphorsäure im Boden 442.
Absorption d. Salpetersäure im Boden 442.
Absorption von Sauerstoff 437.
Absorption von Wassergas im Boden 429.
Absorptionserscheinungen im Boden 429.
Absorptionsvermögen des Bodens gegenüber Salzlösungen 439.
Achaene 205.
Ackergahre 646.
Ackerkrume 364, 377, 379.
Adhäsion des Bodens 393.
Adventivsprosse 170.
Adventivwurzeln 143.
Aether, Einfluss desselben auf den Keimungsprocess 85.
Aescherich 590.
Agronomische Bodenkartirung 500.
Alaun, Einfluss desselben auf den Keimungsprocess 88.
Alkalien, Einfluss derselben auf den Keimungsprocess 87.
Alkaloïde 239.
Alkaloïde, Einfluss derselben auf den Keimungsprocess 85.
Alkohol, Einfluss desselben auf den Keimungsprocess 85.
Alter der Bäume 291.
Alter des Samens, Einfluss desselben auf die Qualität und Quantität der Pflanzenproducte 67.
Altern der Pflanzen 285.
Aluminium in Pflanzenaschen 258.
Analyse, chemische, des Bodens 370.
Androeceum 198.
Angamas-Guano 568.
Angeschwemmter Boden 378, 446, 457.
Arsensäure, Einfluss derselben auf den Keimungsprocess 87.
Aschenbestandtheile der Pflanzen 240.
Asparagin, Bedeutung desselben beim Keimungsprocess 55, 56.
Assimilation der Kohlensäure und des Wassers 211.
Assimilation der Stickstoffverbindungen 222.
Athmung der Blätter 260.
Athmung der Blüthen 260.
Athmung der Knospen 260.
Athmung der Pflanzen 259.
Athmung der Pilze 261.
Athmung der Wurzeln 260.
Auflockerung des Bodens als Mittel zur Erzielung von Varietäten 708.
Aufbewahrung des Samens 124—131.
Augit 448.
Ausfrieren der Saaten 395.
Ausgeizen 721.
Auslaugung keimender Samen 29.
Ausscheidungen der Hausthiere 531.
Austrocknen des Bodens 396.

Baker-Guano 570.
Balgfrucht 205.
Bälken oder Halbpflügen 629.
Barythydrat, Einfluss desselben auf den Keimungsprocess 88.
Basalt 447.
Basalt, Verwitterung desselben 451.
Basttheil des Gefässbündels 167.
Bearbeitung des Bodens 616.
Bedeckung der Samen 682.

Beere 205.
Beetpflügen 621.
Befruchtung 199, 731.
Befruchtung, Folgen derselben 204.
Befruchtungsverhältnisse bei den Getreide-Arten 734.
Befruchtungsverhältnisse bei den Leguminosen 736.
Befruchtungsverhältnisse bei den Cruciferen 737.
Befruchtungsverhältnisse bei den Umbelliferen 737.
Befruchtungsverhältnisse bei den Compositen 738.
Befruchtungsverhältnisse bei den Borragineen 738.
Beizen der Samen 698.
Beizmittel, Einfluss derselben auf den Keimungsprocess 84—91.
Beleuchtung und Pflanzenwachsthum 329.
Beleuchtung, Einfluss derselben auf die Blüthen- und Fruchtbildung 331.
Beschädigungen des Samens, Einfluss derselben auf die Keimfähigkeit und die Entwicklung der Keimpflanzen 78—81.
Bestandtheile des Bodens: anorganische 365, organische 371.
Bestockung des Getreides 715.
Beurtheilung des Bodens 444.
Beurtheilung des Bodens nach dem Roh-Ertrage 485.
Bewässerung, Bedeutung derselben 608.
Bewässerung als Mittel zur Erzielung von Varietäten 713.
Bewässerungsbau 611.
Bewegungen der Blätter 180.
Bewegungen der Chlorophyllkörner in den Blättern 181.
Bewurzelung, Tiefe derselben 150.
Bildungsabweichungen 723.
Bildung frühreifender Varietäten 746.
Bildung spätreifender Varietäten 746.
Blatt, Definition desselben 162.
Blattdivergenzen 179.
Blätter, Variabilität derselben 706.
Blätter, Wachsthumsgesetze derselben 178, 179.
Blattspurstränge 168.
Blausäure, Einfluss derselben auf den Keimungsprocess 85.
Blumenkrone 197.
Blüthe, Morphologie derselben 197.
Blüthezeit in ihrer Abhängigkeit von der geographischen Breite 313.
Blüthen, Variabilität derselben 706.
Boden 363.
Bodenarten nach dem Festigkeitsgrade 386, 387.
Bodenbearbeitung durch Handgeräthe 667.
Bodenbeurtheilung nach Anbau und Stand der Culturgewächse 483.
Bodenbezeichnungen nach dem Feuchtigkeitsgrade 415.
Bodenerschöpfung, Mittel zur Hintanhaltung derselben 515.
Bodenfeuchtigkeit und das Pflanzenwachsthum 414.
Bodenholde Pflanzen 476.
Bodenclassification 444.
Bodenkartirung 500.
Bodenskelet 365.
Bodenstete Pflanzen 476.
Bodenvage Pflanzen 476.
Bodenverhältnisse, übersichtliche Darstellung derselben 503.
Bodenwärme 425.
Bodenwerth 364.
Bonitirung des Bodens, praktischer Vorgang bei derselben 494.
Borke 165.
Botanische Bodenclassification 476.
Brache 637.
Brachfurche 641.
Brandpilzsporen, Nachweis derselben in Samenproben 96.
Brennen des Bodens 396.
Breitsaat 686.
Brunnenwasser 604.

Calcium als Pflanzennährstoff 253.
Cambium 168.
Candiren der Samen 698.
Canalsystem 561.
Capillare Leitung des Wassers im Boden 407.
Carbolsäure, Einfluss derselben auf den Keimungsprocess 85.
Carnallit 587.
Caryopse 205.
Chemisch-physikal. Bodenclassification 458.
Chili-Salpeter 584.
Chlor als Pflanzennährstoff 249, 250.
Chlorophyllkörner 211.
Chlorophyllkörner, Entstehung derselben 212.
Citronensäure, Einfluss derselben auf den Keimungsprocess 84.
Classification des Bodens 444.
Classification des Bodens, allgemeine, 491.
Classification des Bodens nach Werthscalen 491—493.
Cohärescenz des Bodens 385.
Collenchym 167.
Colmation 612.
Compostdünger 578.
Compoststätte 580.
Conservateur von Pavy 128.

Consistenz des Bodens 385.
Continentales Klima 314.
Culturmassregeln in ihrem Einflusse auf die Festigkeit des Bastes 167.
Culturmassregeln zur Erzielung von Varietäten 708.
Cuticula 163.

Dammerde, siehe Humus.
Dibbelsaat 690.
Dichogamie 200.
Diffuses Licht 326.
Diffusion der Kohlensäure aus dem Boden 435.
Diorit 447.
Dolerit 447.
Dove's Drehungsgesetz 345.
Drill-Eggen 660.
Drillsaat 687.
Düngemittel und ihre Anwendung 530.
Dünger, indirect wirkende 594.
Düngung, Wesen und Aufgabe derselben 510.
Dünger-Coëfficient 547.
Düngerproduction, Berechnung derselben 548.
Düngerproduction, tägliche 547.
Düngerstätte 542.
Dünger, vegetabilischer 575.
Düngung, Stärke derselben 553.
Düngungsversuche 524.
Düngung als Mittel zur Erzielung von Varietäten 710.
Durchlässigkeit der Bodenarten, Bestimmung derselben 411.
Durchlässigkeit des Bodens für Gase, Einfluss derselben auf seinen Kohlensäuregehalt 434.
Durchlässigkeit des Untergrundes 379.

Ebenbau 624.
Egge, Arbeit der 657
Eggen, Form derselben 658.
Einjährige Pflanzen, allgemeine Biologie derselben 288.
Einstreu 536.
Eisen als Pflanzennährstoff 255.
Eisenoxyd und Eisenoxydul als Bestandtheil der Feinerde 369.
Eisenoxydgehalt der Pflanzenaschen 256.
Eisenvitriol, Einfluss desselben auf den Keimungsprocess 89.
Eiweiss-Substanzen, Metamorphose derselben bei der Keimung 55, 56.
Elektricität und Keimung 58.
Embryo, Entwicklung desselben 17.
Endknospe des Stammes 162.
Endosperm, Entstehung desselben 17.
Endosperm, Anatomie desselben 23, 24.
Entstehung der Salzböden 470.
Entstehung von Stickstoffverbindungen 227 bis 232.
Epidermis 163.
Erde als Düngemittel 581, 594.
Erdstreu 539.
Erfrieren der Pflanzen, Theorie desselben 318—322.
Erfrieren der Pflanzen, Mittel gegen dasselbe 322—324.
Erschütterungen, Einfluss derselben auf die Transspiration 185.
Erwärmtes Wasser in seinem Einflusse auf die Keimfähigkeit der Samen 73—75.
Erwärmung des Bodens 428.
Erwärmung keimender Samen 50—52.
Erwärmung der Samen in ihrem Einflusse auf die Keimfähigkeit 71—73.
Erwärmung des Sandbodens 460.
Esparsetteboden 490.
Etiolement 216.
Etiolement, Erklärung desselben 278.
Etiolinkörner 212.
Excremente der Menschen, Analyse derselben 560.
Exstirpatoren 654.

Fäcalien 559.
Fäces der Hausthiere 535.
Fälschung von Klee- und Luzernesamen 94.
Farbe des Bodens 417.
Farbe des Samens als Merkmal zu seiner Beurtheilung 117.
Farbenwechsel ausdauernder Blätter im Winter 331.
Fassl-System 562.
Feinerde 365, 366.
Feuchtigkeitsgehalt der Luft, Einfluss desselben auf die Transspiration 184.
Feuchtigkeitsminimum des Bodens, dem Welken vorausgehend 415.
Figurenpflügen 624.
Filament 198.
Flora des Bodens, Werth der Kenntniss derselben zu seiner Beurtheilung 482.
Flugsand 382.
Fluor, Vorkommen desselben in den Pflanzen 257.
Flusswasser 604.
Fremdbefruchtung 731.
Frost, Einfluss desselben auf keimende Samen 70.
Frost, Einfluss desselben auf das Pflanzenwachsthum 315.
Frost, Tiefe des Eindringens im Boden 427.
Frucht, Definition derselben 13.
Fruchtblätter 198.
Fruchtfolge 643.

Frucht- und Samenreife 205.
Früchte, Variabilität derselben 707.
Frühjahr, Einfluss desselben auf die Vegetation der Culturpflanzen 354.
Frühjahrs-Anbau 678.
Frühjahrsbestellung 635.
Furchenigel 660.
Futterpflanzen-Class.-System 485, 486, 489.

Gasbewegung in der Pflanze 262.
Gebirge, Einfluss derselben auf die Niederschlagsmengen 342.
Gefässbündelscheiden 169.
Gefässbündel-System 167.
Gefüge des Bodens 385.
Gelberde, siehe Röthel.
Gemischte Saat 693.
Geneigte Flächen zum Zwecke der Samenreinigung 123.
Geognostische Grundlage des Bodens, Andeutung derselben auf Bodenkarten 506.
Geographische Breite, Einfluss derselben auf das Klima 301.
Geographische Länge, Einfluss derselben auf das Klima 313.
Geotropismus der Wurzel 143.
Gerbsäure, Einfluss derselben auf den Keimungsprocess 84.
Gerölle 365.
Gerstenboden 487.
Geruch des Samens als Merkmal zu seiner Beurtheilung 118.
Gestaltung der Oberfläche des Ackerlandes 624.
Getreidepflanzen-Class.-System 485, 486, 487.
Getreidespeicher 127.
Getreidethurm von Sinclair 127.
Gewebe-Arten und -Systeme 162.
Gewebespannung 283.
Gewebesystem, mechanisches 165.
Gewende beim Pflügen 625.
Gewichtsverhältnisse zwischen einzelnen Theilen des Samens 107.
Gewichtszunahme wachsender Pflanzen 279.
Glimmerschiefer 447.
Glimmerschiefer, Verwitterung desselben 450.
Glutencaseïn 234.
Glutenfibrin 234.
Gneis 447.
Gneis, Verwitterung desselben 450.
Grand 365.
Granit 447.
Granit, Verwitterung desselben 449.
Grubber 654.
Gründüngung 576.
Grundgewebe 169.
Grundwasser 413.
Grus 365.
Guano 567.
Guano, Ablagerung desselben 568.
Guano-Arten 568.
Guano, Analysen desselben 568.
Gynaeceum 198.
Gypsdüngung 598.

Häufler 656.
Haferboden 488.
Haidehumus 375.
Haidehumusboden 474.
Hallet's Selectionsverfahren 725.
Hangbau 611.
Harn der Hausthiere 534.
Hauptwurzel 141.
Hautgewebe 163.
Heliotropismus der Wurzel 145.
Herbstbestellung 635.
Herbst, Einfluss desselben auf die Vegetation der Culturpflanzen 356.
Herbstsaaten 674.
Heterostylie 200.
Hochblätter 178.
Hochquellwasser von Wien 603.
Höhengrenzen der Vegetation 311.
Höhenlage, Einfluss derselben auf die Niederschlagsmengen 341.
Holzasche als Düngemittel 589.
Holzaschen-Analysen 589.
Holztheil des Gefässbündels 167.
Hornblende 448.
Humus 371.
Humusansammlung, Bedingungen der 372 bis 374.
Humusbildung durch Wiesen und Weiden 374.
Humusboden 472.
Humusboden, Flora desselben 481.
Humusgehalt des Bodens 372.
Humus, milder 375.
Humus, saurer 375.
Humusmenge, Massregeln zur Erhaltung und Vergrösserung derselben 376.
Hülse 205.
Hygroskopicität des Bodens 429.
Hygroskopicität, Bestimmung derselben 429.
Hygroskopicität des Bodens in Beziehung zum Feuchtigkeits-Minimum 416.
Hygroskopicität des Bodens in Beziehung zur Fruchtbarkeit 431.
Hygroskopisches Verhalten der einzelnen Bodenbestandtheile 430.

Imbibition der Zellmembran 153.
Inflorescenzen 197.
Insectenlarven in Getreidekörnern und Leguminosen-Samen 97.

Tiefcultur auf stark gebundenen Böden 652.
Tiefe der Unterbringung des Samens 683.
Tiefgrund 379.
Torfaschen 590.
Torfboden 475.
Torfboden, Flora desselben 481.
Todtreife 206.
Trachyt 447.
Trachyt, Verwitterung desselben 450.
Träger Boden 464.
Transport der Gesteinstrümmer und verwitterten Gesteinsmassen durch fliessendes Wasser 451.
Transspiration der Blätter 182—191.
Transspiration, Grösse derselben für verschiedene Culturpflanzen 186—189.
Trichome 164.
Trockengewichtsbestimmungen für Mais 279.
Tüpfelsaat 690.
Turgor 282.

Ueberrieselung 611.
Ueberstauung 611.
Undurchlässigkeit des Untergrundes 380.
Unkrautsamen als Beimengung der Saatwaare 95.
Unkräuter als Düngemittel 576.
Unterbringung der Samen 681.
Untergrund 364, 377, 379.
Untergrundlockerung 650.
Untergrundspflug 655.
Urate 567.
Urböden 446, 457.
Urmeristem 162.

Variabilität der Pflanzenorgane 700.
Varietätenbildung 700.
Varietätenbildung, Abhängigkeit derselben von äusseren Einflüssen 702.
Varietäten, Constanz derselben 704.
Veencultur 597.
Verarmung des Bodens an Kali 522.
Verarmung des Bodens an Phosphorsäure 523.
Verarmung des Bodens an gebundenem Stickstoff 522.
Verbreitungsmittel der Früchte und Samen 207.
Verdunstung des Wassers im Boden 413.
Veredlung der Pflanzen 702.
Vergeilen 217.
Verhalten des Bodens zum Licht und zur Wärme 417.
Verhalten des Bodens zum Wasser 402.
Verstümmeln der Pflanzen als Culturmassregel 721.
Vertheilung der Samen 685.
Vertheilung des Wassers im Boden 411.
Vertiefung der Ackerkrume, allmälige 649.
Verwitterung 448.
Vogelmist, Analysen desselben 571.
Vollkörnigkeit der Samen 117.
Vorbereitung der Samen 697.
Volumengewicht landw. Sämereien 105, 106.
Volumengewicht des Samens, Bestimmung desselben 105.
Volumenverhältnisse des Bodens 384.
Volumengewicht des Bodens 382, 383.
Volumenveränderungen des Bodens beim Feuchtwerden und Austrocknen 396 bis 402.
Volumenzunahme quellender Samen 31—33.

Wachsraum, Bestimmung desselben 713.
Wachsthum der Pflanze 274.
Waldboden 474.
Wälder, Einfluss derselben auf die Niederschlagsmengen 343.
Walze, Arbeit der 662.
Wärme-Austrahlung des Bodens 427.
Wärme, Einfluss derselben auf die Assimilation 215, 216.
Wärmeleitung im Boden 422.
Wärmemittel der verschiedenen Vegetationszonen 302.
Wärmequellen des Bodens 417.
Wärme und Pflanzenwachsthum 300.
Wärmesummen 305.
Wärmesummen, Berechnung derselben 305 bis 307.
Wärmesummen der Culturpflanzen 310.
Wasser als Düngemittel 602.
Wasser als Transportmittel der Samen und Früchte 76.
Wasseranhaltende Kraft des Bodens 412.
Wasseraufnahme durch die Blätter 181, 182.
Wasseraufnahme bei der Quellung der Samen 27.
Wasseraufnahme der Samen in feuchter Luft 33—35.
Wasseraufnahme des Bodens 402.
Wasseraufnahme seitens der Wurzeln 151.
Wassercapacität des Bodens 402.
Wassercapacität eines Gemisches von Bodenarten 406.
Wassergehalt des Bodens in Beziehung zur Cohärescenz 392, 393.
Wassergehalt des Bodens in Beziehung zu seinem Kohlensäuregehalt 434.
Wassergehalt des Bodens, sein Einfluss auf die Sauerstoff-Absorption 438.
Wassergehalt des Bodens, sein Einfluss auf die specifische Wärme 422.

Wassergehalt des Bodens, Einfluss desselben auf die Wärmeleitung 424,
Wasserhaltende Kraft des Bodens 402.
Wasserleitung im Boden 407.
Wasserverdunstung in verschiedenen Breiten 333.
Wechselpflüge 621.
Weichbast, als eiweissleitendes Gewebe 267.
Weiden, Düngung derselben 512.
Weinsäure, Einfluss derselben auf den Keimungsprocess 84.
Weizenälchen (Anguillula tritici) 97.
Weizenboden 487.
Welken der Pflanzen 193, 194.
Wendefurche 641.
Wendung des Pflugstreifens, siehe Lockerung.
Werfen des Getreides 122.
Whitthread-Process 564.
Wiederholung des Pflügens 631.
Wiesen, Düngung derselben 513.
Wiesenhobel 667.
Wildhumus, siehe Staubhumus.
Windblüthen 202.
Windrosen 346.
Windstärke 346.
Winde 344.
Winde, Einfluss derselben auf die Befruchtung 203.
Winde, Einfluss derselben auf die Niederschlagsmengen 341.
Winde, Einfluss derselben auf die Vegetation 347.
Winde, Einfluss derselben auf die Verdunstung 333.
Winter, Einfluss desselben auf die Vegetation der Culturpflanzen 387.
Wintersaaten 674.
Witterungsgang der Jahreszeiten, Einfluss desselben auf Grösse und Beschaffenheit der Ernten 352.
Witterungs-Vorhersage 357.
Worfeln des Getreides 122.
Wühler 655.
Wurzel, Beschneiden derselben 119.
Wurzel, Morphologie derselben 140.
Wurzel, Variabilität derselben 705.
Wurzeldruck 160.
Wurzeldruck, Grösse desselben 161.
Wurzelgewicht 146.
Wurzelhaarbildung 149.
Wurzelhaube 141.
Wurzeloberfläche 148.
Wurzelvermögen 145.
Wurzelwachsthum in lockerem oder festem Boden 151.

Xylem 167.

Zäher Boden, siehe schwerer Boden.
Zahl der Pflugfurchen 633.
Zeitpunkt des Pflügens 631.
Zeolithe 449.
Zickzackeggen 658.
Zinken der Egge 658.
Zuchtwahl, künstliche 723.
Zusammenschwemmen des Bodens 388.
Zweijährige Pflanzen, allgemeine Biologie derselben 288.
Zwiebelgewächse, allgemeine Biologie derselben 290.

K. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme in Wien.

Schnee 340.
Schnelligkeit der Saftbewegung 192, 193.
Schnittreife 206.
Schollenbrecher 664.
Schote 205.
Schröpfen 720.
Schüttelnde Flächen zum Zwecke der Samenreinigung 123.
Schüttelsortirmaschinen von Hignette und Josse 123.
Schuppenblätter 178.
Schutzscheiden 169.
Schwarzerden 495.
Schwefel als Pflanzennährstoff 243.
Schwefelsäure, Einfluss derselben auf den Keimungsprocess 87.
Schwefelsäure-Absorption im Boden 442.
Schwefelsäuregehalt der Pflanzenaschen 245.
Schwendung austrocknender Blätter 190.
Schwendung des austrocknenden Bodens 397, 398.
Schwerer Boden 389.
Sedimentir-Apparate 499.
Senkgruben 561.
Serben 720.
Siebe als Samensortir- und Reinigungs-Apparate 119.
Silicate 447.
Silicium, Vorkommen desselben in den Pflanzen 247.
Silo 125.
Sklerenchymzellen 165.
Schmutzwässer, Reinigung derselben 563.
Sombrero-Guano 570.
Sommer, Einfluss desselben auf die Vegetation der Culturpflanzen 355.
Sommer-Aussaat 680.
Sortirung des Samens 119.
Sortirmaschine von L'Huillier 121.
Sortirmaschine von Pernollet 120.
Specialdünger 583.
Specifisches Gewicht des Bodens 382.
Specifisches Gewicht der Samen, Bestimmung desselben 101.
Specifisches Gewicht landwirthschaftlicher Sämereien 105, 106.
Specifische Wärme des Bodens 421.
Spelzengewicht 109.
Sprengcultur 670.
Sprüngebildung im Boden durch Austrocknen 399.
Spülapparate 499.
Stachelwalze 665.
Stallmist 531.
Stallmist, Anwendung desselben 551.
Stallmist, Ausfuhr desselben 555.
Stallmist, Sammlung und Aufbewahrung desselben 540.
Stamm, Gestalt und Gliederung desselben 169, 170.
Stamm, physiologische und biologische Aufgaben desselben 172, 173.
Stamm, Variabilität desselben 705.
Stärkebildung 213.
Stärkescheiden 169.
Staubbeutel 198.
Staubhumus 376, 382.
Steighöhe des Wassers durch capillare Leitung 408.
Steinfrucht 205.
Steinböden 469.
Stein- und Braunkohlenasche 591.
Sterblichkeit der Keimlinge 286.
Sterblichkeit der Pflanzen 285.
Stickstoffdünger 583.
Stickstoffquellen der Pflanzen 224—226.
Stoffwanderung im Pflanzenkörper 263.
Stoffwanderung und Stoffvertheilung in der Haferpflanze 267.
Stoffwechsel im Pflanzenkörper 263.
Stoppel- und Wurzelrückstände 578.
Strassenkoth, Analyse desselben 583.
Strenger Boden, siehe schwerer Boden.
Structur des Bodens 385.
Stufensaat 690.
Substanzverlust keimender Samen 52, 55.
Süvern'sches Verfahren 563.
Syenit 447.
Syenit, Verwitterung desselben 451.
Sylvin 587.

Tachydrit 587.
Taffo 566.
Thau, Bedeutung desselben für die Vegetation 335.
Taubhumus 376.
Temperatur, Einfluss derselben auf die Transspiration 184.
Temperaturgang im Boden 425.
Temperaturschwankungen im Boden 426.
Temperaturschwankungen in ihrem Einflusse auf die Vegetation 308.
Terrainverhältnisse, Darstellung derselben 503.
Thätiger Boden 460.
Thierkörper und Theile von Thierkörpern als Düngemittel 571.
Thonboden 462.
Thonboden, Flora desselben 476, 481.
Thone 455.
Thoneisenstein 369.
Thonmergelböden 467.
Thonschiefer 455.
Tiefcultur 648.
Tiefcultur auf mässig gebundenen Böden 651.

Inselklima, Temperaturverhältnisse desselben 314.
Insolation 325.
Isochimenen 303.
Isotheren 303.
Isothermen 303.

Jarvis-Guano 570.
Jauche 556.
Jauchenbrunnen 544.
Jod, Vorkommen desselben in den Pflanzen 257.

Kainit 587.
Kali, doppeltchromsaures, Einfluss desselben auf den Keimungsprocess 88.
Kalidünger 583.
Kalifeldspath 448, 586.
Kaligehalt der Pflanzenaschen 252.
Kalisalpeter 583.
Kali, übermangansaures, Einfluss desselben auf den Keimungsprocess 88.
Kalium als Pflanzennährstoff 251.
Kali, xanthogensaures, als Beizmittel gegen Steinbrand 91.
Kalk als indirect wirkender Dünger 594.
Kalk, animalisirter 566.
Kalkboden 466, 468.
Kalkboden, Flora desselben 477, 481.
Kalkgehalt der Pflanzenaschen 254.
Kalken des Thonbodens 464.
Kalk, gelöschter, Einfluss desselben auf den Keimungsprocess 88.
Kalkmergelböden 467.
Kalksteine 456.
Kampher, Einfluss desselben auf den Keimungsprocess 85, 86.
Kapsel 205.
Keimapparat von Nobbe 113.
Keimfähigkeit, Dauer derselben 59—67.
Keimfähigkeit, Dauer derselben bei forstlichen Sämereien 65.
Keimfähigkeit der Samen 110—117.
Keimfähigkeitsdauer der Samen im Meerwasser 76.
Keimfähigkeitsdauer der Samen im Süsswasser 77.
Keimfähigkeit des Mumienweizens und alter Sämereien 66, 67.
Keimfähigkeit, Mittel zur Erhaltung derselben 61, 66.
Keimfähigkeit und Keimungs-Energie der Cultursämereien 116.
Keimkasten 114.
Keimpflanze, Definition derselben 139.
Keimtheile, Lage derselben 22.
Keimung bei erhöhtem und vermindertem Luftdruck 50.
Keimung luftleer gemachter Samen 48.
Keimung unreifer und nothreifer Samen 59.
Keimung im reinen Sauerstoff 49.
Keimung unter Wasser 47, 48.
Keimungs-Energie 110.
Keimungsreife 206.
Keimungstemperaturen, biologische Bedeutung derselben 45—47.
Keimungstemperaturen der Culturpflanzen 43—44.
Kelch 197.
Kieselalkalische Gesteine 447, 449.
Kieseleisenkalkige Gesteine 447.
Kieseleisenkalkige Gesteine, Verwitterung derselben 451.
Kieselsäure, Bedeutung derselben für die Pflanze 248.
Kieselsäuregehalt der Pflanzenaschen 247.
Kieserit 587.
Klimatische Factoren 297.
Knick, siehe Ortstein.
Knochen als Düngemittel 572.
Knochenmehl 573.
Knochenmehl-Superphosphate 573.
Knochenmehl, Fälschung desselben 575.
Kochsalzdüngung 691.
Kohlensäure, Einfluss derselben auf die Verwitterung 448.
Kohlensäure-Entwicklung im Boden, Energie derselben 436.
Kohlensäuregehalt des Bodens 432, 433.
Kohlensäurequellen für die Pflanzen 219, 220.
Kohlensaure Magnesia als Bestandtheil der Feinerde 368.
Koppe's Bodenclassifications-System 517.
Koprolithen 591.
Korkgewebe 164.
Kreuzung 731.
Kreuzung von Doldenpflanzen, Compositen, Cruciferen 741.
Kreuzung von Gersten- und Hafervarietäten 740.
Kreuzung von Hanf- und Hopfenvarietäten 741.
Kreuzung von Maisvarietäten 739.
Kreuzung von Roggenvarietäten 739.
Kreuzung von Weizenvarietäten 739.
Krystallinische Massengesteine 447.
Krümer 660.
Krustenbildung des Bodens 388.
Kupfervitriol, Einfluss desselben auf den Keimungsprocess 89—91.

Labrador 448.
Lage des Bodens, Einfluss derselben auf seinen Werth 445.
Laubblätter 177.